



# Rapport de mission au Mozambique et à Madagascar

Améliorer la rentabilité et la durabilité en culture cotonnière

du 2 au 20 avril 2000

Nom : **José Martin**

Programme coton

Département : CIRAD-CA

CIRAD-DIST  
Unité bibliothèque  
Lavalette



\*000010000

Dk=478079



---

# Rapport de mission au Mozambique et à Madagascar

Améliorer la rentabilité et la durabilité en culture cotonnière

du 2 au 20 avril 2000

---

Nom : **José Martin**

Programme coton

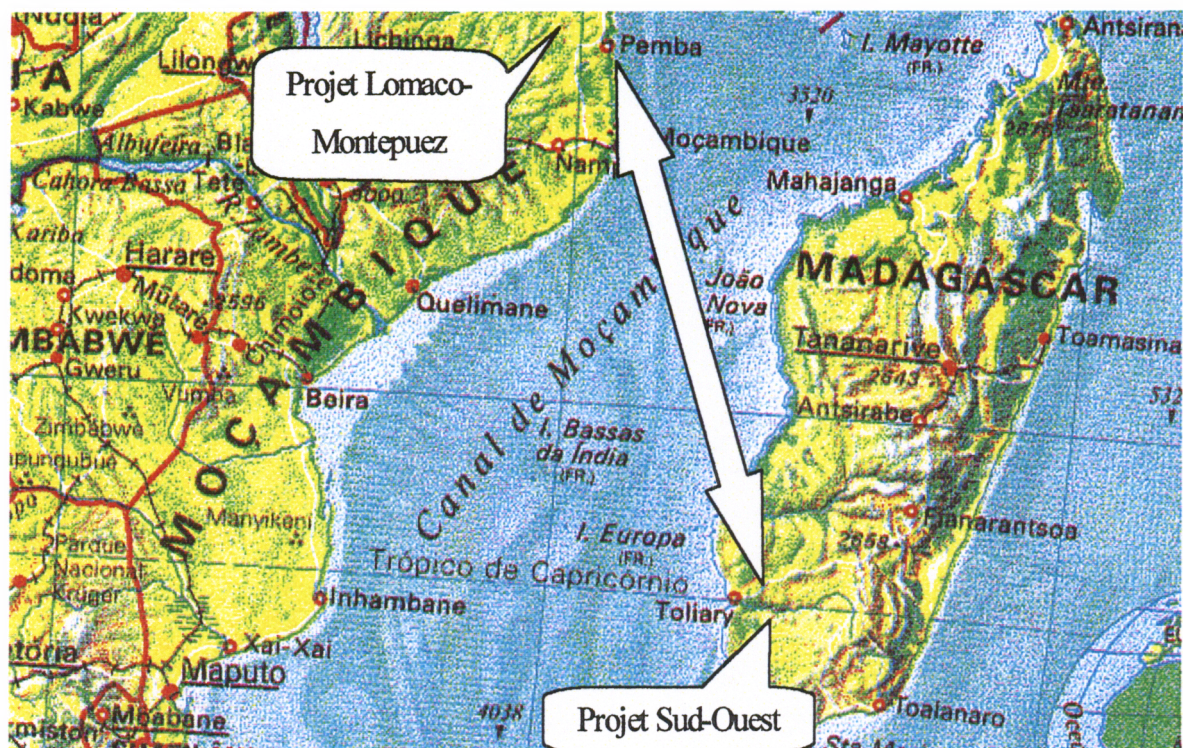
Département : CIRAD-CA

CIRAD-DIST  
Unité bibliothèque  
Lavalette



## RAPPORT DE MISSION AU MOZAMBIQUE ET A MADAGASCAR

### Projet Lomaco-Montepuez



**Améliorer la rentabilité et la durabilité en culture cotonnière**



**J. Martin, agronome Cirad-Ca, Prog. Coton**

**2<sup>ème</sup> Mission 2-20 avril 2000**

CIRAD-DIST  
Unité bibliothèque  
Lavalette



## SOMMAIRE

<b>Résumé .....</b>	<b>2</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>2</b>
<b>Remerciements.....</b>	<b>2</b>
<b>Cadre de la mission .....</b>	<b>3</b>
<b>Déroulement de la mission.....</b>	<b>3</b>
<b>Généralités Projet Lomaco-Montepuez / Mozambique.....</b>	<b>5</b>
<b>Contexte et évolution de la production cotonnière.....</b>	<b>5</b>
<b>Déroulement de la campagne - pluviosité.....</b>	<b>5</b>
<b>Les activités du Service Recherche Appliquée.....</b>	<b>5</b>
<b>Revue des propositions formulées en 99 / Mozambique .....</b>	<b>6</b>
<b>Essais herbicides.....</b>	<b>6</b>
<b>Essais fertilisation.....</b>	<b>6</b>
<b>Essais Densités x Pix.....</b>	<b>7</b>
Caractéristiques des essais. ....	7
Conditions de réalisation des essais : généralités .....	8
Conditions de réalisation: les densités.....	9
Conditions de réalisation: les applications de Pix .....	10
Etat des essais densité x Pix .....	10
Premières observations d'ensemble .....	10
Résultats préliminaires : Namuno .....	11
Résultats préliminaires : Nanjua .....	11
Discussion.....	12
Le programme d'observations .....	12
Orientations futures .....	13
<b>Essai de semis direct de coton sur mulch de céréales.....</b>	<b>13</b>
<b>Propositions complémentaires aux autres services .....</b>	<b>14</b>
<b>Appui documentaire.....</b>	<b>14</b>
<b>Systèmes de culture sur couverture végétale / Madagascar.....</b>	<b>15</b>
<b>Rappel sur les données du problème au Mozambique.....</b>	<b>15</b>
<b>L'expérience du sud-ouest Malgache .....</b>	<b>15</b>
<b>Les acquis de la visite.....</b>	<b>16</b>
Une démonstration sans appel.....	16
Comment semer dans le mulch ?.....	17
Le problème du désherbage ?.....	18
Enseignements pour le Mozambique .....	19
<b>Annexes et Planches photos .....</b>	<b>20</b>

## Résumé

Depuis la reprise des activités cotonnières au début des années 1990 dans la zone de la Lomaco-Montepuez, l'adhésion des paysans à la production cotonnière était manifeste. Le nombre des producteurs de coton a cru régulièrement jusqu'en 1998-99 en dépassant les prévisions initiales. Le rendement moyen augmentait moins vite, mais s'affirmait comme le plus élevé du pays en culture pluviale. Cette belle dynamique a été brutalement brisée suite à la décision de la Lonrho de se défaire de la Lomaco suivie d'une longue période de d'incertitudes, encore non levées à la date de la mission.

La première mission Martin réalisée en mai 1999 dans le cadre du Projet Lomaco-Montepuez / financement AFD avait pour objectif de proposer au Service de Recherche Appliquée, à partir d'une analyse des pratiques paysannes, un programme d'expérimentation de recherche-développement visant à améliorer la rentabilité et la durabilité en culture cotonnière. Parmi les propositions de cette mission, figurait une mission malherbologie, récemment réalisée par Pascal Marnotte. Figuraient également des propositions d'essais, dont certains ont été mis en place et qui font l'objet de la première partie de cette mission d'appui. Figurait enfin une proposition de rapprochement avec Madagascar, dans le domaine des systèmes de culture avec semis direct et couverture végétale, en petit paysannat : c'est l'objet de la deuxième partie de cette mission. Les aspects développés dans le rapport sont les interactions densités de peuplement et régulateurs de croissance en culture cotonnière, ainsi que les techniques de semis direct et de désherbage manuels pour les systèmes de culture sur couverture végétale.

## Introduction

### Remerciements

Pour le Mozambique, je tiens à remercier à nouveau toutes les personnes rencontrées de la *Lomaco (Companhia Agro-Industrial Lonrho Moçambique Lda.)* pour leur accueil toujours aussi amical et chaleureux, pour l'intérêt montré à cette mission malgré un contexte peu encourageant, ainsi que pour les facilités mises à ma disposition. Mes remerciements s'adressent en particulier :

- A Carlos Henriques, directeur général, toujours aussi bienveillant malgré un emploi du temps particulièrement chargé,
- aux collègues du Service de Recherche Appliqué, Henri Reneaud et Carlos Tomas, qui ont couplé cette mission avec celle M. Vaissayre en entomologie et ont ensuite enchaîné avec celle de D. Dessauw en amélioration variétale,
- à Pedro Cuihane, devenu responsable du Secteur Familial, avec qui nous avons échangé sur les évolutions récentes,
- sans oublier Cleida, représentante de Lomaco à Pemba, toujours aussi prévenante.

Pour le prolongement à Madagascar, je tiens à remercier ceux qui avec bienveillance et gentillesse m'ont accueilli à Antananarivo et accompagné sur les terrains du Projet Sud-Ouest :

- J.L. Messenger, représentant du Cirad à Madagascar,
- G. Delafond, chercheur du Cirad détaché auprès du Projet sud-ouest à Tulear,
- H. Rafafintsalama, responsable de l'Ong Tafa à Tulear, resté parfaitement disponible malgré une naissance dans son foyer pendant ma brève visite

Ainsi que les collègues du Cirad qui ont efficacement contribué au montage de la mission:

- L. Ségué, d'abord à partir de Goiania au Brésil puis lors de sa tournée annuelle à Madagascar,
- C. Gaborel (programme coton) et D. Rollin (programme GEC) à partir de Montpellier.



### **Cadre de la mission**

Cette mission est financée par l'AFD (Agence Française pour le Développement) dans le cadre du projet Lomaco-Montepuez .

Dans la perspective de mettre au point des techniques nouvelles sécurisées vis-à-vis des aléas climatiques et destinées à améliorer l'efficacité économique des intrants utilisés, la mission Martin 1999 avait proposé un programme d'expérimentation de recherche-développement compatible avec les conditions rencontrées et les moyens disponibles.

Les termes de référence de cette deuxième mission sont les suivants :

- *d'une part évaluer le programme d'essais mis en place au cours de cette campagne et à fournir l'appui nécessaire à sa poursuite,*
- *d'autre part prendre un premier contact avec des collègues Cirado- malgaches travaillant sur les systèmes avec semis direct et couverture végétales en culture manuelle, en vue de l'établissement de relations de coopération.*

La première partie de la mission relève essentiellement d'un appui au Service Recherche Appliquée (SRA) de la Lomaco-Montepuez dans le domaine de la phytotechnie et de l'agronomie du cotonnier (intégration des techniques culturales, systèmes de culture et durabilité). Cette partie de la mission fut couplée avec celle de Maurice Vaissayre : parcourir ensemble les mêmes terrains fut extrêmement enrichissant, d'autant que cette année est marquée par un retour de la psyllose et le signalement de chancres au collet (décrits dans le rapport de mission Vaissayre). Une note de fin mission, annexée au présent rapport (annexe 1), fut remise à M. Carlos Henriques, directeur de la Lomaco, le 13 mai à Maputo par les soins de M. Vaissayre.

La deuxième partie est exploratoire et prospective et s'appuie sur l'expérience acquise dans la grande île par les ONG travaillant auprès de petits paysans en partenariat avec le Cirad dans le domaine des système de culture rentables et durables sous couverture végétale.

Les précédentes mission agronomie systèmes de culture et/ou phytotechnie coton sont rappelées ci-dessous :

- Les deux premières missions d'appui à caractère technique de Michel Créaïent (mars 1997 et février 1998)
- Les deux missions à caractère plus général de Michel Fok (février 99) et Christian Gaborel (fin avril – début mai 99)
- La mission système de culture et phytotechnie coton de J. Martin, mai 1999
- La mission malherbologie (lutte intégrée contre les mauvaises herbes) de Pascal Marnotte, mars 2000.

### **Déroulement de la mission**

Les visites de terrain ont été réalisées conjointement en compagnie des collègues du Service Recherche Appliquée H. Reneaud et C. Tomas, sauf le lundi 10 avril.

Dimanche 2 avril

Brasilia – Sao Paulo- Johannesburg - Maputo (RG 317, RG 7790 TM 300)

Lundi 3 et mardi 4 avril

Maputo

Entretiens avec M. C. Henriques, D.G. Lomaco et Maurice Vaissayre

Mercredi 5 avril

Maputo - Pemba (vol TM)

Accueil par H. Reneaud

CIRAD-DIST  
Unité bibliothèque  
Lavalette

Pemba - Montepuez, par route

Jeudi 6 avril

Visite de terrain : Nsempia (area de Montepuez, axe est, direction Nanjua)

Examen des plantes prélevées à Nsempia (dégâts et insectes)

Séances de travail au bureau

Vendredi 7 avril

Visites de terrain : Nropa (nord-est)

Identification et conditionnement d'insectes

Séances de travail au bureau

Samedi 8 avril

Visite de terrain : Namuno (axe sud)

Mapping et dissection des plantes prélevées le matin

Identification et conditionnement d'insectes

Dimanche 9 avril

Visite de terrain : Nanjua (axe ouest)

Mapping et dissection des plantes prélevées le matin

Lundi 10 avril

JM avec Carlos Tomas : Nanjua (traitement Pix / semis tardif, annulé pour cause de pluie), visite essais arachide de Montepuez

MV avec Henri Reneaud : Balama (axe ouest)

Séances de travail avec HR et CT

Mardi 11 avril

JM avec Carlos Tomas : Nanjua (traitement Pix / semis tardif)

Visites de terrain : Nsempia (problèmes pysslose et gestion des récoltes)

Bilan de la mission avec H. Reneaud et C. Tomas

Mercredi 12 avril

Montepuez - Pemba (par route)

Pemba - Maputo (par avion, vol TM)

Rédaction d'une note de restitution destinée à C. Henriques

Jeudi 13 mai

Maputo - Johannesburg (TM 301) et Johannesburg – Antananarivo (MD 723)

Dîner avec J.L. Messenger, représentant du Cirad

Vendredi 14 avril

Antananarivo – Fort Dauphin – Tulear (MD 378 et MD 396)

Accueil par Gilbert Delafond et Hubert Razafintsalama

Séance de travail avec GD et HR sur les expérimentations incluant le coton

Visite de courtoisie à François Raverdeau, chef du Projet sud-ouest (PSO)

Samedi 15 avril

Visites de terrain : Andranovory et Sakaraha sur la nationale 7

Dimanche 16 avril

Documentation et plant-mapping sur plantes prélevées la veille

Lundi 17 avril

Visites de terrain : Andaboro sur la nationale 9

Mardi 18 avril

Restitution à Raverdeau PSO

Tulear - Antananarivo - Johannesburg

Mercredi 19 avril

Johannesburg

Jeudi 20 mai

Johannesburg – Sao Paulo – Brasilia (RG et RG)

## **Généralités Projet Lomaco-Montepuez / Mozambique**

### ***Contexte et évolution de la production cotonnière***

Depuis la reprise des activités cotonnières au début des années 1990 dans la zone de la Lomaco-Montepuez, et sous l'impulsion du Projet de Relance des Productions Agricoles dans la région de Cabo Delgado (Projet Lomaco-Montepuez) qui arrive en quatrième et dernière année d'exécution, l'adhésion des paysans à la production cotonnière était manifeste. Le nombre des producteurs et les surfaces emblavées en coton ont cru régulièrement en dépassant les prévisions initiales. Le rendement moyen augmentait moins vite, mais s'affirmait comme le plus élevé du pays en culture pluviale. Cette belle dynamique a été brutalement brisée suite à la décision de la Lonrho de se défaire de la Lomaco, décision suivie d'une longue période de d'incertitudes, encore non levées à la date de la mission. Le tableau présenté en annexe 2 récapitule les évolutions des statistiques cotonnières et de différents paramètres de modernisation et d'intensification de la culture cotonnière pendant la durée du projet.

Les éléments de désaffection actuels sont principalement liés aux dates d'achat très tardives du coton-graine de la campagne 98/99, qui davantage que le prix d'achat, ont été très pénalisantes pour les producteurs. Pour la Lomaco, prise dans un jeu de contraintes financières très serrées, cela s'est avéré catastrophique. Lorsque très tard en saison elle a été en mesure d'acheter le coton-graine, les transporteurs n'étaient plus disponibles, et 9000 tonnes de coton-graine détérioré par la pluie ont dû être brûlées. Le manque de trésorerie a également amené la Lomaco à ne pas pouvoir différer des ventes au moment où les cours de la fibre et du dollar étaient au plus bas. La chute du nombre de planteurs pour la présente campagne est donc due au manque de garantie pour les prix de la prochaine campagne, à la baisse sur la ristourne consentie aux associations de producteurs et au manque de confiance sur les capacités de la Lomaco à acheter à temps. Outre la chute des surfaces, le processus d'intensification est stoppé (moindre consommation d'intrants à l'unité de surface). Cela démontre l'importance des aspects institutionnels et organisationnels dans la consolidation de la production cotonnière et relativise l'importance des aspects agronomiques. Cependant, il faut gager que la Lomaco réussira à se réorganiser et que les conditions de restauration de la confiance des acteurs (producteurs, transporteurs, fournisseurs, acheteurs) seront réunies sous peu.

### ***Déroulement de la campagne - pluviosité***

Le faciès de la saison des pluies 99/00 ressemble à celui de la campagne précédente, avec l'installation de la saison des pluies début janvier. Auparavant, deux avancées de la mousson ont amené deux vagues de pluies relativement abondantes mi-novembre et mi-décembre, avec parfois quelques orages localisés intercalés début décembre (voir graphe en annexe 3). Ces avancées suivies de retraits de la mousson semblent être une caractéristique habituelle de la phase d'installation de la saison de pluies. A partir de janvier, les pluies sont dans l'ensemble devenues assez régulières, mais certaines stations ont accusé des volumes ou des fréquences insuffisants en février, limitant la croissance des cultures. A partir de mars, les précipitations régulières et abondantes se sont généralisées, jusqu'à mi-avril, date de la mission.

### ***Les activités du Service Recherche Appliquée***

L'équipe du SRA présentée dans le précédent rapport de mission va connaître un changement fin avril avec le départ à la retraite du chercheur Cirad Henri Reneaud. Le personnel et les équipements n'ont pas connu de changement notable. Carlos Tomas se retrouve donc seul à la tête du Service, avec la responsabilité d'un vaste programme pluridisciplinaire, synthétiquement présenté dans le tableau ci-dessous :



**Programme d'activités Service Recherche Appliquée Lomaco 1999-2000**

3 volets : expérimentation agronomique, coton et vivriers  
 expérimentation post-récolte (protection des denrées stockées)  
 enquêtes systèmes de production et systèmes de cultures

**L'expérimentation agronomique**

Vivriers :       maïs : 4 types d'essais, 8 implantations + 3 petites multiplications  
                       riz : 3 types d'essais, 10 implantations + 1 démo sur 10 ha  
                       arachide : 3 types d'essais, 10 implantations  
                       pois d'angle : 1 type d'essai, 1 implantation

Les activités coton :	type d'essai ou d'activité	sites
1	essai variétal phase 2 (EV-2)	5
2	essai à 4 niveaux de protection (E4N) x 5 sites	5
3	essai pix "multilocal" (Pix1)	3
4	essai factoriel pix, semis précoce (Pix2)	2
5	essai factoriel pix, semis tardif (Pix3)	2
6	essai traitement de semences Novartis	1
7	test traitement de semences Bayer & Novartis	1
8	essais variétaux en milieu réel	24
9	Amélioration pilosité (Montepuez)	1
10	Multiplication Rému 99 (0.5 ha à Nropa)	1
11	Lutte raisonnée sur 3 x 20 ha à Nropa	1

8 types d'essai, 3 activités particulières, 24 implantations en milieu contrôlé, 24 en milieu réel

**Revue des propositions formulées en 99 / Mozambique**

Le corps de ce rapport suit l'ordre des propositions formulées dans le rapport de juin 99 rédigé suite à la première mission J. Martin effectuée en mai 99, dont le sujet était "Améliorer la rentabilité et la durabilité en culture cotonnière". Malgré la situation de crise prévalant actuellement, les considérations générales développées en 1999, chapitre *Les pratiques paysannes* et en introduction de chacun des paragraphes du chapitre *Propositions pour la Recherche-Développement*, restent valables.

**Essais herbicides**

Des propositions avaient été formulées, en recommandant de les discuter avec Pascal Marnotte (Laboratoire d'Accueil en Malherbologie Tropicale « Amatrop », Cirad-Ca). Comme suggéré dans le rapport, ce dernier a pu effectuer une mission au Mozambique en début de campagne, notamment dans la zone du projet, pour appuyer le SRA en la matière. Son rapport fournit à la fois un diagnostic plus circonstancié des problèmes d'enherbement en début de campagne et des propositions concrètes pour des expérimentations thématiques ou plus générales (à l'échelle des systèmes de culture).

**Essais fertilisation**

Pour fournir des éléments d'aide à la décision face aux préoccupations du développement, à savoir rentabilité à court terme et durabilité à moyen et long terme, deux propositions avaient été formulées :

- Rentabilité à court terme : mettre en place un réseau d'essais fumure en milieu paysan, en ciblant d'abord les zones susceptibles de répondre nettement à la fertilisation, de façon à acquérir des références en milieu producteur, références pratiquement inexistantes
- Durabilité à moyen et long terme : la réponse à cette préoccupation pourrait passer par la mise en place d'un essai pérenne. Les terrains du centre de formation de Mapululo, sableux et exploités de longue date, se prêteraient bien à l'installation d'un essai système de culture – fertilité, car avec des traitements contrastés, les effets sur la durabilité devraient y être perceptibles en très peu d'années.



Il n'a pas été possible d'initier ces activités au cours de la campagne actuelle. Ces deux points ont été rediscutés. Le premier a été retenu en principe pour la campagne prochaine, suivant la méthodologie appliquée avec succès pendant 3 ans pour les essais variétaux en milieu paysan. Quant au second, il me semble important de retenir le principe de mise en place d'un dispositif expérimental pérenne sur le centre de formation, à double visée (référentiel technique et support de formation), le détail des modalités pouvant bien entendu être reconsidéré.

### **Essais Densités x Pix**

Pour évaluer les potentialités du Pix en culture cotonnière au Nord-Mozambique, où la recherche de la précocité de la production est un objectif important à plus d'un titre, il avait été proposé de mettre en place deux types d'essais impliquant les régulateurs de croissance:

- un essai simple, à caractère principalement démonstratif – il s'agit de la première année d'expérimentation avec les régulateurs de croissance- intitulé Pix-exubérance, à mettre en place sur un site propice à l'exubérance de la végétation ; les traitements proposés comprenaient outre le témoin zéro et la référence application unique 50 g/ha début floraison, 2 traitements novateurs avec applications fractionnées calées sur les premiers traitements insecticides anti-jassides.
- Un essai complexe trifactoriel (8 traitements), à planter à Montepuez ou à proximité (pour faciliter la mise en place et le suivi), visant à étudier les interactions entre le facteur régulation progressive de la croissance au Pix (avec et sans applications fractionnées) et deux facteurs importants, la densité du peuplement (normale et double), et la date de semis (précoce et tardive). Le facteur variétal, tout à fait à même d'interagir fortement avec les facteurs étudiés (en travaillant avec deux variétés à port et cycle bien contrastés telles que Guazuncho d'une part et la Rému ou la Ca 324 d'autre part), fut volontairement écarté pour ne pas accroître par trop la complexité de l'expérimentation (essai quadrefactoriel avec doublement du nombre de traitements !) en cette première année d'expérimentation sur les interactions entre structure du peuplement, date de semis et régulation de la croissance.

Ces propositions, non prises en compte en septembre 99 et donc non intégrées dans la programmation initiale, ont été réintégrées tardivement en décembre 99. Les deux types d'essais ont été modifiés et mis en place dans 2 à 3 sites chacun.

- L'essai simple Pix-exubérance a été simplifié quant aux modalités d'application du Pix (un seul programme retenu, fractionnement en 4 fois) mais enrichi d'un traitement Pix / haute densité ; mis en place dans 3 localités représentant différentes situations de fertilité. Dénomination locale : "Pix multilocal", code rapport Pix1.
- L'essai trifactoriel a été simplifié en deux essais bifactoriels, semis précoce et semis tardif, chacun dédoublé dans deux localités. Dénomination locale : "Pix factoriel", code rapport Pix2 (semis précoce) et Pix3 (semis tardif).

Ces modifications des protocoles expérimentaux traduisent le souci d'aborder de façon prioritaire l'étude des interactions structurelles et fonctionnelles au sein des peuplements de cotonniers, pour consolider la culture cotonnière à travers de nouveaux modèles générateurs de précocité, rentabilité et durabilité.

Au total, avec 7 essais dont 4 bifactoriels, ce volet est devenu le plus important de l'expérimentation coton, non seulement en nombre d'essais et en surface, mais surtout en mobilisation du personnel cadre et subalterne (nombreux déplacements pour les mises en place, les applications de Pix et le suivi, très étalés dans le temps en raison du fractionnement des applications et des dates de semis elles-mêmes étalées sur 2 mois).

### **Caractéristiques des essais.**

Elles sont résumées dans le tableau ci-dessous.

**Caractéristiques des essais avec régulateurs de croissance, Lomaco 1999/2000**

	essais	pix 1 multilocal	pix 2 précoce	pix 3 tardif
<b>Définition des traitements comparés</b>				
<b>densité normale (62 500 plantes /ha)</b>				
témoin sans pix		0	1	1
pix, 4 applications à doses égales		1	1	1
pix, 4 applications à doses croissantes		1	1	1
<b>densité double (125 500 plantes /ha)</b>				
témoin sans pix		0	1	1
pix, 4 applications à doses égales		1	1	1
pix, 4 applications à doses croissantes		0	1	1
<b>Caractéristiques des essais</b>				
Plan d'expérience		blocs de Fisher	Factoriel	Factoriel
nombre de facteurs croisés factoriellement		0	2	2
nombre de traitements		3	6	6
nombre de répétitions		4	4	4
parcelle élémentaire (PE)		6,4 m x 15 m	6,4 m x 15 m	6,4 m x 15 m
nombre de lignes PE à densité normale		8	8	8
nombre de lignes PE à densité double		16	16	16
surface essai (m <sup>2</sup> )		1 152	2 304	2 304
nombre de sites		3	2	2
<b>Caractéristiques des traitements</b>				
	densité	interligne (cm)	interpoquet (cm)	plantes /poquet
densité normale (62 500 plantes /ha)		80	40	2
densité normale (125 000 plantes /ha)		40	40	2
	pix	dose totale (g/ha)	répartition	1ère application
pix, 4 applications à doses égales		50	1/4-1/4-1/4-1/4	35 JAL
pix, 4 applications à doses croissantes		50	1/10-2/10-3/10-4/10	35 JAL
				fréquence
				14-10 jours

La densité normale représente les pratiques paysannes dans la zone Lomaco, même si en terrain fertile les interlignes et les interpoquets sont souvent supérieurs. Le démariage à 2 plants (ou plus s'il est mal réalisé) sur poquets relativement distants est la norme en semis manuel, cette pratique permettant une réalisation rapide du semis.

La densité double est obtenue en doublant le nombre de lignes, ce qui ramène l'interligne à 40 cm. Les poquets sont alors presque équidistants les uns des autres (il faudrait pour cela semer les lignes jointives avec les poquets en quinconce). Cette même densité aurait pu être obtenue en ramenant à 20 cm l'interpoquet, sans modifier l'interligne. La configuration choisie est destinée à obtenir un couvert qui ferme beaucoup plus tôt et qui optimise les relations antagonistes entre utilisation des ressources d'une part et concurrence entre plantes d'autre part.

**Conditions de réalisation des essais : généralités**

Tous les essais programmés ont été mis en place et entretenus. A Nropa, l'essai Pix2 démarié à un plant par erreur fut annulé et replanté un mois plus tard, ce décalage se répercutant sur le semis de l'essai Pix3 finalement semé très tardivement, en février. Comme dans la plupart des essais coton et conformément aux recommandations de 1999, la fumure minérale a été réduite, les apports consistant en 100 kg/ha de NPK + 50 kg/ha d'urée. Le tableau ci-dessous fournit une présentation synthétique des conditions de réalisation de ces essais.



**Essais Pix et densité : dates de semis et levée, ressemis et dates d'application du Pix**

lieu	essai	semis	levée	ressemis	poquets ressemés	applications de Pix			
					%	1ère	2ème	3ème	4ème
Nsambia	Pix1	14-déc	19-déc	06-janv	3-8	37 JAL	+ 14 jours	+ 10 jours	+ 10 jours
Nropa	Pix1	18-déc	22-déc	04-janv	50% sur D1, 5% sur D2	38 JAL	+ 14 jours	+ 10 jours	+ 10 jours
Mamuno	Pix1	19-déc	30-déc	13-janv	44-47	54 JAL	+ 10 jours	+ 11 jours	+ 10 jours
Nropa	Pix2	14-déc	détruit pour cause d'erreur au démarrage						
Nanjua	Pix2	19-déc	27-déc	06-janv	35-50	51 JAL	+ 7 jours	+ 7 jours	+ 7 jours
Nropa	Pix2	17-janv	26-janv	28-janv	40-42 % sur D1, 5-12 % sur D2	40 JAL	+ 7 jours	+ 7 jours	+ 7 jours
Nanjua	Pix3	11-févr				32 JAL	+ 9 jours	+ 8 jours	
Nropa	Pix3	16-févr			important	mi avril			

**Conditions de réalisation: les densités**

L'obtention des densités souhaitées reste problématique en raison principalement de problèmes de manques à la levée liés à la rareté des pluies en début de campagne. Dans ces conditions, le timing du semis par rapport aux occurrences des pluies ainsi que le soin apporté à sa réalisation (profondeur, contact terre-graine) et l'état de la surface de sol (plus ou moins battante) revêtent une importance extrême. En témoigne l'essai Pix2 de Nropa, où le taux de resemis a été inférieur à 10 % sur les parcelles à double densité et supérieur à 40 % sur les parcelles à densité double, différence impliquant probablement un effet manœuvres. D'après C. Tomas, les problèmes de battance seraient plus importants sur les essais de la recherche qu'en milieu paysan ; le travail du sol effectué par la recherche, travail aux disques à Nropa et Nanjua, émiettement à la houe sur les autres sites, laisse un sol émietté plus sensible à la battance, alors que les agriculteurs sèment sans préparation ou après un houage rasant. Des resemis souvent importants (33 à 50 % des poquets) ont été nécessaires dans certains essais. Le résultat est que le peuplement de cotonniers est composé d'au moins deux populations de cotonniers, décalées d'environ 15 jours (photos de l'essai Pix3 de Nropa, planche 1). La population issue du resemis est parfois plus importante que celle rescapée du premier semis, comme à Namuno où les applications ont été déclenchées 54 jours après les premières levées et non 35 ou 40 jours comme idéalement prévu.

L'idéal en expérimentation est de travailler sur un peuplement issu d'une population uniforme. Lorsque le peuplement provient de plusieurs populations, outre que la probabilité de faire ressortir des différences significatives diminue (augmentation de l'erreur résiduelle), les conclusions sont entachées d'une plus grande marge d'incertitude quant à la définition des conditions à réunir pour reproduire le résultat obtenu. La difficulté d'obtention d'un stand important et homogène est exacerbée au niveau de la recherche lorsque la mise en place de certains essais suppose le déplacement des responsables du service et donc des décalages pénalisants par rapport aux conditions optimales de réalisation des semis. Ce problème traduit cependant une contrainte bien réelle en milieu producteur - les resemis successifs sont aussi une pratique courante en milieu paysan - qui pose la problème du choix de la date à considérer pour déclencher certaines interventions liées par exemple à la protection contre les ravageurs. Ce problème se posera également pour le positionnement d'autres intrants, engrais, herbicides ou régulateurs de croissance lorsqu'ils seront vulgarisés.

La première grande nouveauté introduite dans cette expérimentation est la double densité résultant d'un doublement du nombre de lignes. Inévitablement le couvert couvre le sol plus rapidement (photos page de garde et planche 1), c'est là un des buts recherchés. Cependant, avec le démarrage à deux plantes par poquet, les deux plantes du poquet ont naturellement tendance à s'écarter l'une de l'autre en éventail, perpendiculairement ou en oblique par rapport à la direction des lignes. Ce comportement s'observe indifféremment quelle que soit la densité, mais à densité normale les interlignes restent longtemps visibles ou discernables, alors que ce n'est plus le cas à double densité. Cela est exacerbé à haute densité, car comme on le verra les plantes ont tendance à être un peu plus fines, moins chargées à la base, avec une plus grande propension à se courber légèrement mais sensiblement sous le poids des capsules. Dans ces conditions, la circulation dans le champ, notamment pour la réalisation des traitements insecticides ou les dernières applications de Pix, devient particulièrement pénible (sans parler de la réalisation des observations phénologiques ou de plant-mapping *in situ*, et des taux de casse qui en résultent...). Plus tôt en saison, la réalisation du dernier sarclage avant que les plantes ne couvrent complètement, est rendue particulièrement délicate, les manœuvres ayant moins d'espace pour prendre appui et manier leur houe.

## Conditions de réalisation: les applications de Pix

La deuxième grande nouveauté introduite dans cette expérimentation est le recours au mépiquat-chlorure, régulateur de croissance mondialement connu sous son nom commercial "Pix". Nous avons assisté à la réalisation d'un traitement sur l'essai Pix3 de Nanjua (photos planche 1). Les quantités de produit et de bouillie sont calculées pour être épanchées en totalité dans la parcelle, objectif généralement atteint avec une bonne approximation (manques ou surplus minimes en fin de parcelle). La bouillie est préparée sur place parcelle par parcelle à l'aide d'une éprouvette pour l'eau et d'une seringue pour la dilution de Pix ; il n'y a donc pas de flaconnage. La dilution est préparée d'avance à Montepuez à partir d'une formulation très concentrée mépiquat-chlorure fournie par la BASF France (480 g/l au lieu de 50 g/l pour les formulations commerciales). A défaut d'appareil à dos équipé de rampe Cadou (pratique standard en expérimentation cotonnière en Afrique de l'Ouest), ces traitements ont été réalisés en TBV, en veillant à minimiser la dérive de la bouillie. Avec la buse de plus petit calibre, en tenant l'appareil à faible hauteur et en passant ligne par ligne (ou toutes les deux lignes en double densité), on parvient à faire en sorte que les plantes visées interceptent la plus grande partie du nuage pulvérisé. Cependant, avec cette technique d'épandage (TBV adapté à l'expérimentation en petites parcelles), il serait dangereux à espacement conventionnel de descendre en deçà de 8 lignes par parcelle élémentaire.

La fréquence des applications de Pix, initialement prévue à 14 jours entre traitements successifs, a parfois été ramenée à 10 jours, voire à 7 jours, notamment pour les semis tardifs, qui ont bénéficié à partir du stade premiers boutons floraux d'une pluviométrie favorable à l'élongation, pouvant justifier d'un rapprochement des applications de Pix. Le Pix étant un produit à pénétration relativement lente et susceptible d'être lavé par les eaux de pluies, certaines applications ont dû être reportées de façon à traiter sans risque de pluie dans les heures qui suivent. En définitive, il faudra veiller dans le rapport final à bien rappeler, essai par essai, le timing des applications réalisé, en regard de celui initialement prévu.

## Etat des essais densité x Pix

Les essais couvrent une large gamme de dates de semis, puisque sur les premiers essais de Nropa, nous avons les premières ouvertures de capsules, alors que toujours à Nropa, les derniers essais n'ont pas encore fleuri (planche 1). Dans les essais plus avancés (Pix1 et Pix2), les effets caractéristiques du Pix sur la végétation (hauteur des cotonniers réduite et intensité de vert accrue) étaient visibles (planche 1), parfois très marqués comme à Namuno (essai Pix1). Quelques effets de bordure ont été parfois observés, sans mettre en cause la validité des essais, les parcelles élémentaires étant de dimension suffisante pour les absorber sans polluer les lignes centrales des parcelles voisines.

La très forte proportion de plants atteints de psyllose risque fort de compromettre l'essai Pix1 de Nsempia (si impossibilité d'y procéder normalement à la récolte des deux lignes centrales pour mesurer le rendement). Des renseignements seront néanmoins récupérables par plant-mapping.

Des déficiences de fin de cycle, type -K et -Mg, ont été observées sur l'essai Pix1 de Nropa. Le feuillage prend les couleurs de l'automne (planche 2), entraînant un dessèchement prématuré des plantes, avec ouverture prématurée des premières capsules. Les dernières capsules seront probablement immatures et mal ouvertes. Classiquement, les plantes de bordure ne sont pas atteintes (moindre concurrence entre plantes, et enrichissement du sol par les accumulations d'adventices déposées en bordure lors des sarclages). En parcourant l'essai, il est apparu assez clairement que le témoin était moins affecté que le traitement Pix, lui-même moins affecté que le traitement double densité + Pix. Cette réaction des plantes à l'intensification (augmentation de l'intensité et recours au Pix) observée à Nropa, n'a pas été observée à Namuno ou Nanjua, ni bien sûr à Nsempia (la psyllose ayant stérilisé de nombreuses plantes). Elle traduit une interaction intensification x fertilité qui sera commentée plus bas. Des cotations qualitatives à la parcelle ont été suggérées (note 0, absence de symptômes de déficience ; note 1 : légers, note 2 : moyens, note 3 : forts).

La déficience en K semble généralisée à Nropa, car des marbrures jaunes sont fréquemment observées sur les cotonniers du périmètre. Ce problème nutritionnel est certainement exacerbé par la fréquence élevée de racines traçantes dans ce périmètre, les pivots traversant rarement la semelle de labour (travail aux disques).

## Premières observations d'ensemble

A voir les essais, il est clair que le doublement du nombre de lignes conduit à un peuplement qui couvre plus tôt dont on attend qu'il conduise à une production plus importante et plus précoce. Encore faut-il que les boutons floraux et les capsules produites en quantité accrue ne soient pas absorbées par la plante en trop grande proportion. Du Pix on attend donc une limitation régulière de la croissance végétative, contreproductive lorsqu'elle est excessive (ombrage des étages bas et



abscission des premières capsules), au profit d'une rétention accrue des premières capsules. De l'effet conjoint des augmentations de la densité du peuplement et du taux de rétention des premières capsules, on attend un raccourcissement du cycle par un arrêt plus hâtif de la croissance végétative.

En parcourant l'intérieur des essais Pix1 et Pix2 (semis précoces), il apparaît que les effets Pix, densité, dates de semis, et leurs interactions sont marqués. Cependant, ces effets seront probablement insuffisants à induire des gains de précocité spectaculaires, car les problèmes d'abscission et de pourriture de capsules augmentent avec les hautes densités, même s'ils sont généralement atténués avec les applications de Pix. L'abondante pluviosité du mois de mars (faible ensoleillement) a certainement contribué à augmenter les taux d'abscission. Pas de différences flagrantes entre applications de doses croissantes ou égales de pix dans les essais Pix2. Afin d'avoir une idée plus précise des effets des traitements mis en œuvre, des plantes ont été récoltées dans les essais Pix1 de Namuno et Pix2 de Nanjua et examinées sur table à Montepuez. Sur les trois (Pix1) ou quatre (Pix2) parcelles élémentaires d'une répétition donnée, quatre plantes ont été arrachées dans deux poquets pour représenter chaque traitement. Un tel prélèvement, insuffisant pour constituer un échantillon bien représentatif, fournit une première approximation quantitative sur la structure et la charge des cotonniers ; il s'agit donc de tendances à considérer avec prudence. L'examen des cotonniers a consisté en un plant-mapping simplifié, les variables de croissance et de développement mesurées sont listées dans les tableaux de résultats présentés en annexe 4 et 5.

## Résultats préliminaires : Namuno

L'effet du Pix sur l'élongation des organes végétatifs est très net : réduction significative de la hauteur des plantes, de la longueur des pétioles (feuilles de l'axe principal axillant les branches fructifères 6 à 10, de la longueur du premier entrenœud de ces mêmes branches fructifères. C'est donc l'encombrement total de chaque plante (dimensions verticale et horizontale) qui est réduit. A haute densité, cet effet persiste et semble même s'amplifier. Cependant, il n'a pas été suffisant pour éviter toute gêne à l'avancement lorsqu'on se déplace dans les parcelles.

L'effet du Pix et de la densité sur le développement phénologique n'est pas significatif sur cet échantillon très limité. Il est cependant sensible, même s'il est moins marqué que l'effet sur l'élongation des organes végétatifs : variations de 10 % sur le nombre total de nœuds, contre 25 % sur la hauteur totale. Le Pix hâte logiquement l'avènement du cut-out, cet effet s'accroissant à double densité. On considère généralement que le "cut-out", ou arrêt de la croissance végétative, est atteint lorsque NAWF = 5. Le NAWF (nodes above the white flower) est un bon indicateur de l'état de l'équilibre sources-puits.

Le Pix améliore sensiblement le taux de rétention des capsules de base (branches fructifères 1 à 5) et réduit modérément celui des capsules du tiers médian (branches fructifères 6 à 10), le bilan global étant une légère diminution du taux de rétention sur les capsules situées en position 1 et 2 des 10 premières branches fructifères. Le Pix améliore la croissance des capsules, avec en l'occurrence + 15 % sur le poids frais des plus grosses capsules. Ces modifications ne sont pas ici répercutées sur la culture à double densité, les taux de rétention des capsules de base (branches 1 à 5) et le poids moyen capsulaire étant même inférieurs à ceux du témoin sans Pix. Cependant, si on considère que le nombre de plantes est doublé, le pronostic en termes de productivité est largement en faveur du traitement à double densité. En termes de précocité, le pronostic est en faveur du traitement Pix à densité normale, le centre de gravité de la production y étant abaissé vers les premières branches fructifères. L'importance de la production tardive sur le témoin dépendra des conditions climatiques et parasitaires de fin de cycle.

## Résultats préliminaires : Nanjua

Les 4 combinaisons Pix et densité y sont représentées. Semés à même date qu'à Namuno, les cotonniers témoins y sont plus grands et plus développés (+ 24 cm en hauteur soit +20 % ; + 1.3 en nombre total de nœuds soit +6%) mais bien moins chargés en capsules (- 54 % pour le taux de rétention des capsules en position 1 et 2 sur les dix premières branches fructifères, avec un taux de rétention très faible : 21 %). Avec le doublement de densité, sous l'effet de la concurrence accrue entre plantes, la croissance et le développement végétatifs sont légèrement réduits, et le taux de rétention des capsules de base (branches 1 à 10) devient encore plus faible.

A densité normale, le Pix affecte la croissance, le développement et la fructification dans le même sens qu'à Namuno, mais avec une amplitude moindre. Les cotonniers avec Pix de Nanjua sont équivalents aux témoins de Namuno, en un peu moins chargés. La moindre amplitude de la réponse au Pix à Nanjua est à mettre en relation avec la plus grande vigueur des cotonniers ; une réponse de même amplitude aurait nécessité davantage de Pix ou bien des applications plus précoces. Cela illustre les limites des programmes de régulation prédéfinis qui peuvent conduire à des réductions de croissance végétative insuffisantes ou excessives selon la vigueur de la croissance.

A double densité, l'amplitude de la réponse au Pix est accrue : -25% sur la hauteur des cotonniers, contre -16% à densité conventionnelle, ce qui confirme la tendance observée à Namuno. La plus grande amplitude de la réponse au Pix à double densité peut s'expliquer par la moindre vigueur des cotonniers dans ces conditions. Le quasi doublement du taux de rétention des capsules de base induite par le Pix à densité conventionnelle se maintient ici à double densité. Il est vrai que même comme ça, les taux de rétention restent inférieurs à ceux du témoin à Namuno. Dans les conditions de cet essai, on peut pronostiquer au moins des effets additifs densité x Pix pour la productivité, voire même une interaction positive.

## Discussion

Les pronostics formulés sont basés essentiellement sur la production des branches fructifères 1 à 10, situés sur les parties basse et médiane de la plante et responsables en général d'au moins 3 quarts de la production totale. Les 5 nœuds inférieurs sont les nœuds végétatifs, ils portent environ 2 branches végétatives elles mêmes porteuses de branches fructifères et de capsules. Avec l'augmentation des densités, leur croissance et leur contribution à la production baisse. Quant aux nœuds supérieurs, ils portent des boutons floraux et de jeunes capsules, dont le devenir va dépendre des conditions climatiques et parasitaires de fin de cycle. Avec des conditions favorables, un témoin peut retenir une proportion importante des capsules et compenser, voire surcompenser, le surplus de production basale de cotonniers régulés au Pix. Cependant, à mesure que l'on avance en saison, la probabilité d'occurrence de stress hydriques et de pullulations de chenilles carpophages augmente, ce qui réduit les chances d'aboutissement des capsule du quart supérieur de la plante. Le mapping final permettra d'évaluer la contribution de ces étages supérieurs à la production.

Pour les essais les plus tardifs (Pix3), les effets combinés densité et Pix devraient se traduire par un accroissement marqué de productivité, à moins d'un arrêt brutal et précoce ou au contraire d'un prolongement exceptionnel de la saison des pluies. Ces essais devraient donc fournir des résultats intéressants, bien qu'à des niveaux de productivité globalement faibles.

Le report d'une plus grande partie de la production sur les premiers étages du cotonnier (effet Pix) associé à un accroissement de la production (effet densité) modifie la courbe sigmoïde d'absorption des nutriments : le plateau est plus haut (demande globale accrue) et la pente de la partie linéaire est plus importante (demande instantanée accrue). C'est l'interprétation qu'on peut faire des symptômes de déficience observés à Nropa sur l'essai Pix1. La demande en nutriments pour assurer le remplissage des capsules culmine au moment du cut-out, toutes les disponibilités en carbone, azote et minéraux étant alors drainées par les capsules. La croissance végétative devient nulle, tant pour les parties aériennes que souterraines. Lorsque le sol est peu pourvu en minéraux et/ou que la densité racinaire est faible, la rhizosphère (l'ensemble des gangues terreuses entourant l'extrémité des racines) s'épuise rapidement et les déficiences apparaissent. Lorsque une même production est plus groupée, les cotonniers évoluent plus rapidement vers le cut-out, la demande instantanée en nutriments devient plus importante alors que la durée d'activité des capteurs racinaires diminue : la probabilité d'apparition de déficience augmente. Lorsque la production est à la fois plus précoce et plus importante, le problème est exacerbé, augmentant d'autant les risques de carence.

L'augmentation de la précocité à attendre de ces essais est certaine mais non spectaculaire. Deux nœuds en moins pour une plante d'une vingtaine de nœuds représente un gain de 10 %. L'intervalle régulier de 3 jours rythmant l'émission des premiers nœuds augmente progressivement après le début de la floraison, si bien qu'il peut être doublé pour les derniers nœuds émis. Deux nœuds sur des plantes de vingt nœuds peuvent signifier un premier cycle végétatif écourté d'au moins 10 jours. Cependant, si les conditions climatiques et l'état nutritionnel et sanitaire des plantes le permettent, l'apparition des repousses de deuxième cycle peut s'en trouver hâtée d'autant. Concernant la fructification, l'abaissement du centre de gravité de la production vers les premières branches fructifères peut s'avérer un avantage considérable pour esquiver les stress hydriques ou parasitaires de fin de cycle. Cependant, lorsque il y a des problèmes de coton collant ou de pullulations de vers roses, pour que cet avantage se répercute positivement, le producteur doit être en mesure de procéder à des récoltes fractionnées pour minimiser l'exposition du coton-graine à ces ravageurs. Si le producteur attend l'ouverture de la totalité des capsules, il perd une partie des avantages acquis au niveau précocité ; s'il attend au-delà, il peut perdre la totalité de ces avantages.

## Le programme d'observations

L'évolution de développement phénologique est suivie hebdomadairement : NAWF, jusqu'à franchissement de la valeur 5 par le traitement le plus tardif.

Le mapping prévu au moment du cut-out est supprimé, car la charge globale de travail ne permettra pas de le réaliser. Le mapping final de fin de cycle est maintenu, mais il ne pourra être effectué que les essais Pix2 et Pix3 de Nanjua. Il sera



effectué sur les 10 plantes ayant fait l'objet du suivi phénologique et d'un mapping début floraison, soit 40 plantes par traitement. Il a été recommandé de sectionner les plants au collet à l'aide d'un sécateur pour faciliter la l'observation des plantes en bord de champ et d'en augmenter la précision (il est en effet facile de "sauter" un nœud végétatif voire même une branche fructifère basse réduite à l'état de moignon lorsqu'on travaille *in situ*, dans l'inconfort).

Carlos Tomas, justement préoccupé par l'accroissement du taux de pourritures de capsules avec l'augmentation des densités (photo planche 2) aurait voulu pourvoir inclure distinctement la catégorie "capsule pourrie" dans les relevés de plant-mapping. Pierre Martin, consulté à ce sujet, nous a indiqué que le programme de plant mapping développé par le Cirad ne permet pas d'augmenter le nombre de catégories possibles pour un champ donné. Il serait souhaitable que le programme coton du Cirad poursuive le développement de ces outils en leur donnant plus de souplesse, pour que l'utilisateur puisse en moduler la configuration en l'adaptant à ses besoins, soit dans le sens d'une simplification (relevés moins lourds), soit d'un enrichissement (relevés plus complets), pour étudier un problème particulier, en l'occurrence la pourriture des capsules.

Concernant l'essai Pix1 de Nsempia, très touché par la psyllose, deux alternatives :

- Si le nombre de plants touchés n'augmente plus, récolter comme prévu, en relevant le nombre de plants sains et de plants atteints dans la parcelle utile, de façon à procéder à une analyse de covariance (consulter à ce sujet Eric Gozé).
- Si la psyllose continue d'évoluer, alors il faudra se contenter de récolter dans chaque parcelle élémentaire 10 poquets sains, le mieux entourés possible, et estimer le rendement hectare en multipliant par la densité du peuplement.

## Orientations futures

Les innovations testées, doublement de la densité par doublement du nombre de lignes et recours au Pix, sont des thèmes complètement novateurs qui ont intéressé les responsables du service en raison de leur potentiel. Carlos Tomas, désormais seul responsable du service, est prêt à poursuivre l'expérimentation, avec cependant quelques inflexions, notamment sur la réduction du volume d'essais et la simplification des observations. Il suggère fortement le remplacement de l'*ultra narrow row cotton* (interligne de 40 cm), jugé non compatible avec la culture manuelle, par le *narrow row cotton* (interligne de 60 cm), plus réaliste. Cependant, il semblerait possible de réduire l'importance de inconvénients de l'UNRC avec une variété à port réduit, type Guazuncho, en remplacement de la variété Ca 324 à développement végétatif plus important, et en avançant la 1<sup>ère</sup> application de Pix vers le 30<sup>ème</sup> jours plutôt que le 40<sup>ème</sup> (à condition toutefois d'avoir un stand initial homogène, ce qui n'est pas évident à obtenir, comme on l'a vu plus haut !). L'introduction du facteur variétal dans ce type d'expérimentation est donc à envisager, comme rappelé en tête de chapitre, ce qui complexifie les dispositifs expérimentaux.

Vu les problèmes de surcharge de travail constatés cette année, le bon sens plaide pour la modération dans la définition et le dimensionnement du programme expérimental, en tenant compte des contraintes logistiques pour les mises en place et le suivi des essais complexes. Dans ce type d'essais où l'on cherche à évaluer les avantages et inconvénients de nouvelles configurations de culture cotonnière potentiellement génératrices de précocité, rentabilité et durabilité, il est primordial d'assurer une caractérisation minimale de l'état des plantes et du peuplement, non seulement en fin de cycle, mais aussi pendant le cycle, notamment lors des applications de Pix, de façon à pouvoir comprendre la variabilité des réponses obtenues et à pouvoir les prédire et les reproduire dans un certain nombre de situations types.

Bien que cela n'ait pas été rediscuté à Montepuez, il serait bon de rappeler la proposition de l'année passée : "Un étudiant en agronomie ou physiologie végétale pourrait utilement être impliqué dans le suivi de cet essai (ou ce type d'essais) très formateur, éventuellement en liaison avec l'INIA (l'Institut mozambicain de recherche agronomique)".

### **Essai de semis direct de coton sur mulch de céréales**

"Certaines équipes de chercheurs comprenant des ciradiens ont acquis une solide expérience sur les systèmes de culture basés sur le SDSCV (semis direct sur couverture végétale), notamment au Brésil (L. Ségué et S. Bouzinac) et à Madagascar (D. Rollin). Il serait bon, avant de se lancer dans une expérimentation SDSCV au Nord-Mozambique, d'étudier la possibilité, dans le cadre du Projet Lomaco Montepuez, de programmer et organiser un voyage d'études auprès des équipes brésiliennes et malgaches pour trois ou quatre cadres de la Lomaco."

C'est le but de la deuxième partie de ma mission dans la région de Tulear (sud-ouest malgache). Les circonstances particulières de cette campagne (difficultés conjoncturelles de la Lomaco) n'ont pas permis que je sois accompagné par des collègues de Montepuez. Cependant, cela sera à envisager dès le début de la seconde phase du projet. Le compte-rendu de visite à Madagascar est inclus dans ce rapport de mission.

### **Propositions complémentaires aux autres services**

Les propositions formulées dans le rapport précédent restent valables, même si elles n'ont pas été de mise pour la campagne actuelle en raison des graves difficultés de la Lomaco. Lorsqu'elles seront surmontées, il conviendra de les reconsidérer car elles font référence à des problèmes structurels ou de fond.

### **Appui documentaire**

Plusieurs documents en brésilien et en anglais sur l'agrophysiologie du cotonnier ou plus généralement sur la culture cotonnière ont été remis au Service de Recherche Appliquée de la Lomaco (Carlos Tomas) :

- **Cotton Physiology Today** Newsletters. Recueil de photocopies reliées, années 1989 à 1997. Cotton Physiology Education Program, Nacional Cotton Council of America.
- **Sistema de monitoramento para o manejo do crescimento e frutificação de algodão.** Juan A. LANDIVAR e John H. BENEDICT. Texas A&M University, 1996. Tradução : Delano M.C. GONDIM. Boletim tecnico nº2, COODETEC, Cooperativa Central Agropecuaria de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda.. Cascavel-PR, Brasil. 13 p.
- **Pix plant regulator. Official Handbook.** 1997. BASF. 39 p.
- **Seja o doutor do seu algodoeiro.** Nelson Machado da SILVA, Luiz Henrique CARVALHO, Milton Geraldo FUZEATTO, Ederaldo Jose CHIAVEGATO, Luiz Reinaldo Ferraciu ALLEONI. Arquivo do agrônomo nº8, KP Potafos, março 1995. Piracicaba-SP, Brasil. 24 p.
- **Manual de identificação de pragas, doenças, deficiências minerais e injúrias do algodoeiro no Brasil.** Delano M.C. GONDIM, Jean Louis BELOT, Pierre SILVIE, Nicolas PETIT, Y.R. MEHTA, E.K. TAKIZAWA. 1999. Boletim tecnico nº3, COODETEC, Cooperativa Central Agropecuaria de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda.. Cascavel-PR, Brasil. 120 p.
- **Increasing cotton oil production in developping countries : prospects from new technical practices in cotton growing.** Michel FOK A.C., Lucien SEGUY, Dominique ROLLIN. Communication to ISA Symposium, Maputo Feb. 9-12, 1998 : "Sunflower and other oilseed crops in developping countries". OCL vol 6, nº2, mars avril 1999.



## Systèmes de culture sur couverture végétale / Madagascar

### **Rappel sur les données du problème au Mozambique**

Le texte qui suit est une compilation d'extraits de différents chapitres et paragraphes de mon premier rapport de mission au Mozambique / Projet Lomaco-Montepuez. Son but est de rappeler synthétiquement les éléments du diagnostic initial des problèmes de durabilité de l'activité agricole dans la région du projet Lomaco-Montepuez, en vue de la conception de systèmes de culture durables et rentables, en semis direct sous couverture végétale.

*"L'importante disponibilité en terres et la vigueur des jachères garantissent actuellement aux petits paysans la durabilité de leurs systèmes de production. La repousse des herbacées et des ligneux après les feux (il semblerait que l'agressivité des feux reste modérée) n'est pas limitée par le surpâturage, en raison de l'absence quasi totale de troupeaux. Cependant, il est prévisible qu'à la faveur de l'augmentation de la pression démographique et du taux d'occupation des sols, la pression sur les ressources naturelles va s'accroître, diminuant sensiblement leur taux de renouvellement et par là même la durabilité des systèmes de production.*

*Les paysans semblent avoir une nette perception des problèmes de perte de fertilité suite à la dégradation des sols causée par l'agriculture : ... après quelques années de culture, les sols "durcissent et sèchent". Cette expression traduit clairement la détérioration des états de surface et du profil cultural, qui résulte de deux types de processus majeurs : d'une part, le ruissellement et l'érosion, d'autre part la désaturation du complexe d'échange et l'acidification.*

*La durabilité de l'activité agricole passe d'abord par la minimisation de l'exposition directe de la surface et du profil du sol à la forte agressivité du climat. Cela revient à maximiser la couverture de la surface du sol et la colonisation du profil par des racines.*

*En l'absence de bétail à nourrir, de pénurie de combustibles et de matériaux de construction, la pression sur les résidus de récolte est pratiquement nulle. Les résidus de récolte sont abondants, notamment les cannes de sorgho et les tiges de maïs. Ne faisant l'objet d'aucune utilisation, ils sont restitués au milieu sous forme de cendres. Ils pourraient donc, potentiellement, être restitués sous forme de mulch pour protéger la surface du sol. De plus la flore adventice est dominée par des poacées, et des herbicides anti-graminées de post-levée sélectifs du cotonniers sont déjà utilisés.*

*Les semis sont toujours réalisés sur des parcelles bien débarrassées des résidus végétaux de l'année précédente, brousse ou cultures (« limpeza de machamba »). Le brûlis des résidus obéit à plusieurs impératifs, dont le principal est de ne pas gêner lors des chantiers de semis. Parmi les autres motifs, des raisons phytosanitaires : obligation légale de brûler les résidus de coton, en raison du ver rose, mais il y aurait aussi des problèmes liés à la présence de borers dans les tiges de céréales.*

*Il n'y a généralement pas de travail du sol : c'est le semis direct qui est pratiqué, sur sol nu ou sur sol plus ou moins enherbé, selon les dates de semis et la séquence des premières pluies. Le seul travail du sol est celui localisé au poquet, qui est d'assez grande dimension, en raison de la largeur de la houe. Même lorsque l'enherbement amène à faire un houage avant le semis (sarclage de pré-semis), le travail du sol est très superficiel car la lame de la houe ne fait que racler le sol.*

*En agriculture manuelle, la mise en place de systèmes de culture en semis direct sous couverture végétale (SDSCV) se heurte à un premier obstacle : comment semer dans le mulch ? La levée de cette contrainte constitue un préalable pour pouvoir aborder le sujet de façon réaliste."*

### **L'expérience du sud-ouest Malgache**

Extraits du texte : Conception de systèmes de culture à base de coton sur couvertures végétales à Madagascar. R. Michellon, D. Rollin et H. Razafintsalama. In : Deguine, J.P., Fok M., Gaborel C. (éditeurs scientifiques). 2000. Rôle et place de la recherche pour le développement des filières cotonnières en évolution en Afrique. Actes du séminaire, Montpellier, France.

1<sup>er</sup>-2 septembre 1999, Cirad. Montpellier, France, Cirad, Colloques, 238 p. p173-177.

*"Dans les régions semi-arides du Sud et de l'Ouest (de Madagascar), l'agriculture itinérante sur des sols très fragiles (sols ferrugineux tropicaux ou sables roux), les feux de brousse (pour le pâturage), les vents violents et asséchants, les pluies agressives, induisent une érosion en nappe très importante alors que l'eau est, en général, rare. Depuis des décennies, des solutions techniques et des dispositifs antiérosifs ont été mis au point...Le paysan trop préoccupé par sa survie accepte difficilement de s'investir sur des travaux pénibles pour des résultats à moyen terme. Plus récemment, des recherches ont été conduites dans une direction différente, qui assurent simultanément protection du sol, gain de rendement et de productivité grâce aux systèmes de culture sur couvertures végétales. Ces travaux et leurs diffusion sont réalisés par différents partenaires malgaches conseillés par le Cirad ...l'Ong Tafa dans le cadre d'une convention avec le Projet Sud-ouest dans les systèmes à base de coton.*

*L'agriculture est...marquée par l'essor du coton ou du maïs au gré des opportunités économiques et de l'encadrement des filières. Le coton s'est développé essentiellement en agriculture fixée, avec un travail du sol (...la société cotonnière Hasyma ...fournissant ses tracteurs pour le labour ; ...à partir de 1990...incitation pour l'équipement en culture attelée...) et un encadrement serré de l'ensemble de la filière, alors que le maïs est produit au dépens de la forêt. L'agriculture de la zone représente à peu près 100 000 ha où prédominent les cultures de maïs, de coton, de riz, d'arachide et de pois du Cap. Les contraintes : risque climatique (pluviométrie faible, isohyètes de 400 à 800 mm) et nécessité d'un semis précoce (toutes les techniques permettant une mise en place rapide et précoce de la culture sont valorisées par une augmentation significative du rendement) ; mécanisation insuffisante (disponibilité en matériel) et inadaptée (aux sables roux qui se reprennent en masse en saison sèche, semelle de labour) ; les adventices (les années pluvieuses) ; les insectes terricoles (+ les criquets). La première étape de la mise en place d'un système de culture avec semis direct et couverture permanente du sol consiste à éliminer un éventuel horizon compacté. S'il n'y en a pas, semer directement l'association d'une céréale (maïs, sorgho ou mil) et d'une légumineuse (dolique ou vigne), dans le but de produire du grain et de constituer une biomasse permettant de pérenniser un système de culture sur couvertures végétales. En deuxième année, semis direct de coton, non sarclé ; lorsque la biomasse est insuffisante pour couvrir complètement le sol, il peut être intéressant de la compléter par du mil ou du sorgho semé en bordure de la parcelle. A partir de la 3<sup>ème</sup> année, gérer la parcelle en fonction de la biomasse disponible, des objectifs de l'exploitant...La productivité du travail est considérablement améliorée par l'augmentation des rendements et la diminution des temps de travaux.*

### **Les acquis de la visite**

Trois sites ont été rapidement visités : Andranovory et Sakaraha sur sables roux (sur la RN 7) et Andaboro sur vertisols (sur la RN 9). La pluviosité de l'année : sahélienne sur des deux premiers sites (environ 400 mm), soudanienne sur le troisième (supérieure à 800 mm). Sable et sécheresse cette année font des deux premiers sites des exemples d'agriculture "de l'extrême". Des systèmes de culture en semis direct sur couverture végétale y tournent avec succès depuis 5 à 6 ans. Différentes variantes de ces systèmes y sont testées, incluant rotations, plantes de couverture (planches 5 et 6), modes de gestion de ces plantes, niveaux de fumure, etc.

### **Une démonstration sans appel**

A titre d'exemple extrêmement probant, l'essai d'Andranovory où un système avec coton en rotation et semis direct sur couverture végétale est comparé à 2 systèmes de monoculture cotonnière, l'un avec labour et sarclages (référence vulgarisée) et l'autre avec travail sur la ligne de semis (coutrier) et herbicide, les 3 systèmes recevant la fumure minérale recommandée. Croissance végétative minimale et production de coton quasi nulle pour les deux systèmes en monoculture, production modérée mais correcte eu égard de la pluviosité du système amélioré. Les 3 photos correspondantes (planche 3) ainsi que le tableau établi à partir de plantes prélevées dans chaque parcelle, en attestent de façon fort éloquent.



**Caractérisation sommaire des cotonniers prélevés le 15 avril 2000 à Andranovory**

	"coutrier"	"labour"	"semis direct"
nb de plantes examinées	7	5	4
Longueur axe principal (cm)	<b>43.1 +/- 5.4</b>	<b>57.6 +/- 4.1</b>	<b>91.3 +/- 16.6</b>
dont hypocotyle (cm)	6.3 +/- 2.0	7.8 +/- 1.6	6.8 +/- 2.2
Nombre moyen de nœuds (par plante)	<b>17.0 +/- 1.5</b>	<b>14.2 +/- 1.1</b>	<b>21.5 +/- 1.0</b>
dont végétatifs		5.4 +/- 0.5	6.0 +/- 0.8
Nombre moyen de capsules par plante	<b>0.9 +/- 1.2</b>	<b>2.6 +/- 0.8</b>	<b>10.0 +/- 2.1</b>
diamètre moyen d'une capsule (mm)	<b>22.5 +/- 4.9</b>	<b>22.6 +/- 5.4</b>	<b>29.5 +/- 3.3</b>
Longueur moyenne d'un entrenœud (cm)	<b>2.2 +/- 0.3</b>	<b>3.5 +/- 0.3</b>	<b>3.9 +/- 0.7</b>

M +/- IC : moyenne +/- intervalle de confiance à p = 0.05

**"coutrier"** : monoculture avec travail à sec sur la ligne, herbicide et sarclages**"labour"** : monoculture avec labour, billonage et sarclages**"semis direct"** : coton en rotation triennale sur résidus de culture + paille

Si l'on considère que le stand à la récolte en "semis direct" est probablement supérieur à celui des deux autres systèmes, et que le semis du "semis direct" (et du "coutrier") a été calé sur celui du labour alors qu'il aurait pu être avancé, les écarts présentés dans le tableau, de 1 à 5 entre "labour" et "semis direct" pour l'estimation de la production, sous-estiment les écarts potentiels.

Les pivots racinaires de toutes les plantes prélevées plongeaient à la verticale dans le sol, sans coude, comme dans les sables dunaires sahéliens ; c'est le nombre et le diamètre des racines secondaires qui les différenciaient, étant extrêmement réduits pour le "labour" et le "coutrier". En l'occurrence, il convient de préciser que dans les systèmes "labour" et "coutrier", les restitutions de résidus sont nulles, car même les adventices sont prélevées pour compléter le mulch du "semis direct" (comme en zone sahélienne où l'herbe des premiers désherbages est récupérée pour nourrir les bêtes).

Ce dispositif est très démonstratif des sens de variation induits par les systèmes de culture complètement opposés : les systèmes à haute fréquence de retour de la même culture sur elle-même, avec travail du sol et exportation quasi totale des résidus conduisent à la stérilisation – squelettisation du sol, la fumure minérale devenant inefficace. *A contrario*, avec les systèmes sur couverture végétale quasi permanente, excluant labours et sarclages et incluant plusieurs cultures en rotation, succession ou association, le sol se bonifie et permet la fixation de l'activité agricole.

**Comment semer dans le mulch ?**

Il s'agit en effet du premier obstacle auquel on se heurte lorsqu'on envisage, en agriculture manuelle, la mise en place de systèmes de culture en semis direct sous couverture végétale. Lorsqu'on sème au bâton, à la machette ou à la houe, la présence de résidus est gênante, car ils peuvent entraver la pénétration de l'outil, obligeant à dégager la zone du poquet, ou bien parce qu'ils peuvent faire glisser ou dévier l'outil.

La mission ayant eu lieu plus près de la période des récoltes que des semis, elle ne se prêtait pas bien à l'éclaircissement de cette question. On y pallia partiellement en procédant à une reconstitution d'un chantier de semis de coton sur un mulch de pailles de céréales et grandes graminées sur les vertisols d'Andaboro (planche 4). Le semis sur mulch pailleux est réalisé sans difficulté par les manœuvres et paysans malgaches grâce à leur outil : l'angave. Il s'agit d'une espèce de bêche étroite et relativement lourde, que l'on soulève à deux mains au dessus du sol pour la planter vivement jusqu'à mi lame dans le sol. On ouvre le poquet en dégageant la terre par un mouvement de levier et de rotation imposé au manche. L'enchaînement est rapide pour qui est habitué.

Ce type d'instrument est également utilisé pour les semis par certaines populations du Tchad ; il n'est pas très éloigné de l'iler sénégalais, dont il se distingue par la forme et le poids de la lame (section d'attaque carrée et lame plus lourde) et par la longueur du manche (plus court). L'outil doit pouvoir sectionner franchement toute l'épaisseur du mulch et s'enfoncer dans le sol. La lame ne doit donc être trop large (moins que la houe mozambicaine) et attaquer le mulch quasiment à la verticale avec une forte énergie cinétique (alors que pour le semis sur sol nu, l'attaque peut être oblique, comme au Tchad)

; elle doit être d'autant plus tranchante que le mulch est épais ou coriace (par exemple tiges de sorgho ou de coton faiblement décomposées).

Les poquets sont assez grands ; dans le cas du coton, on y dépose outre les graines en assez grand nombre, des granules d'engrais et des micro-granules d'insecticides (type carbosulfan). Le coton est semé à poquets ouverts, avec beaucoup de graines ; la première pluie après le semis assure pour certaines graines un bon contact terre-graine et donc une bonne levée. Le maïs est semé avec peu de graines, donc à poquets fermés, en essayant d'assurer un bon contact terre-graine.

La majorité des paysans africains travaillent pieds nus ; avec le mulch, la nécessité de se protéger les pieds augmente (le mulch est une litière qui abrite des petits animaux dont certains peuvent être dangereux, et certains débris végétaux peuvent blesser).

## Le problème du désherbage ?

Résolu le problème du semis grâce à l'angade ou tout instrument permettant d'attaquer le mulch et le sol sur le même principe, reste à résoudre celui, moins évident, des sarclages. Lors des sarclages, l'angle d'attaque de la houe est oblique, et la présence de résidus faiblement décomposés s'oppose au bon déroulement de l'opération. La houe glisse ou dévie, saute parfois, mettant plantes cultivées et cultivateur en danger, grevant considérablement l'efficacité du sarclage tout en augmentant sa durée et sa pénibilité.

A Madagascar, le problème a été résolu de façon originale et élégante et mérite qu'on s'y attarde un peu. Le principe est le suivant : si la parcelle mulchée s'enherbe, c'est que le mulch n'est pas suffisamment épais et ne couvre pas totalement le sol ; si le mulch produit sur place n'est pas suffisant, on l'augmente avec des apports exogènes. En effet, avec une couverture totale, tout un ensemble de facteurs concourent pour ne pas laisser pousser les adventices ; et celles qui parviennent à traverser peuvent être arrachées manuellement.

Le mulch complémentaire provient de la brousse alentour et de la ceinture de protection du périmètre semée en céréales (mil ou sorgho). Récolter de la paille en brousse, la transporter sur la tête ou en char à bœufs pour en couvrir une parcelle à cultiver peut paraître irréaliste. L'expérience de recherche-action conduite avec la participation de paysans pilotes à Madagascar, encore très limitée mais valable, montre qu'il n'en est rien.

Le paillage a un coût monétaire qui n'est pas négligeable (150.000 FM/ha), mais ce coût reste nettement inférieur à celui d'un labour + billonnage (250.000 FM/ha). Avec en outre la suppression des sarclages fort coûteux en main d'œuvre, et malgré les quelques arrachages manuels d'appoint inévitables, le bilan économique est très largement à l'avantage du paillage. La rentabilité de la journée de travail s'en trouve considérablement augmentée, ainsi que la disponibilité en temps pour d'autres activités. Il s'agit là incontestablement de leviers extrêmement puissants en faveur de l'adoption de ces systèmes.

La ceinture de céréales qui entoure le périmètre est à usages multiples : protection des cultures contre les criquets (culture piège) et réserve renouvelable de biomasse ; elle est pérenne, et les graines, non récoltées, se ressement spontanément ; le prélèvement de paille est toujours partiel, de façon à assurer la protection du sol. Elle doit être protégée contre la vaine pâture et les feux de brousse. Elle constitue une véritable troisième sole au niveau de l'exploitation, en considérant schématiquement qu'il y a aussi une sole vivrière et une sole cotonnière.

L. Séguy, dans ses rapports de mission, recommande de renforcer et de reverdir ces barrières en les lignifiant, avec par exemple l'extérieur vers l'intérieur : *Prosopis juliflora* (épineux devenant impénétrable), puis des légumineuses arborées non épineuses *Leucena leucophala* et *Glericidia sp.*, et enfin des graminées hyper vigoureuses capables de rester vertes en saison sèche Bana grass et *Bracharia ruziziensis* (planche 3). Une partie de leur production peut continuer d'être élaguée ou fauchée pour compléter les mulchs insuffisamment épais, de façon à maintenir les parcelles de culture pratiquement libre d'adventices.

De façon plus générale, l'introduction de cette troisième sole productrice de biomasse et l'instauration de systèmes de protection contre bœufs et feux courants sera d'autant plus importante que la pression sur les résidus est forte. L'agriculture française déclinante avant la Révolution, redémarra durablement suite à l'adoption de certaines mesures, notamment foncières, qui favorisèrent l'introduction d'innovations telles que les enclosures, les prairies artificielles et les légumineuses



fourragères, amenant les agriculteurs à produire et à recycler dans l'exploitation agricole davantage de biomasse et d'azote.

## Enseignements pour le Mozambique

Sans conteste, les contraintes climatiques et de pression sur les sols et la biomasse sont moins importantes dans la zone du projet Lomaco-Montepuez que dans le sud-ouest malgache. Résidus de culture et biomasse pailleuse sont abondants. La pratique des labours (motorisés à façon) et de la monoculture est rare, celle des rotations et des cultures associées fréquentes.

Le rapprochement entre la proposition 99 d'essai pérenne évoquée plus haut (§ essais fertilisation) et les réalisations de Madagascar semble à présent immédiat : maintenir la proposition initiale, faire évoluer la définition du mulch et quantifier les biomasses et de travail en jeu. La proposition initiale est rappelée ci-dessous.

*La réponse à la seconde préoccupation - fertilisation et durabilité - passe par la mise en place d'un essai pérenne. Les terrains du centre de formation de Mapululo, sableux et exploités de longue date, se prêteraient bien à l'installation d'un essai de ce type, car les effets sur la durabilité devraient y être perceptibles en peu d'années. L'essai bénéficiera d'un vaste public et devra avoir un caractère de démonstration marqué. Un essai pérenne implique des cultures assolées en rotation, et des résidus de récolte à gérer, ce qui n'est pas sans incidence sur la durabilité. Afin qu'un tel essai reste simple, le dispositif suivant est proposé :*

- *rotation : coton/sorgho, avec assolement annuel coton et sorgho (essai à deux séries)*
- *3 niveaux de fertilisation, sur coton seulement : témoin zéro, dose simple et dose double (dose simple de type 75 kg/ha de NPK + 25 kg/ha d'urée)*
- *2 niveaux de restitution des résidus : témoin brûlis (prévoir des allées pare-feu) et restitution organique sous forme de mulch*

*L'essai pourrait revêtir la forme d'un split-plot, avec le facteur restitution en grandes parcelles, et le facteur fertilisation en petites parcelles. Prévoir au minimum 3 répétitions (à évaluer), à multiplier par les 2 séries annuelles (coton et sorgho).*

Il s'agit à présent de faire évoluer la modalité "restitution organique sous forme de mulch" en "couverture totale". Les résidus sont complétés au besoin par de la paille de céréales exogène, de façon à éviter les sarclages et gagner l'adhésion des paysans visiteurs. Dès la seconde année, des dispositifs simplifiés de recherche-action avec des paysans volontaires pourraient être mis en place sur ce principe-là.

La mise en œuvre de tels systèmes au Mozambique passera cependant par l'adoption d'un "outil à semer", qu'il s'agisse d'une adaptation de la houe locale (plus étroite, manche plus long) ou de l'adoption d'un plantoir type "angade". L'adoption d'un nouvel outil et de nouvelles habitudes ergonomiques ne va pas de soi, mais les innovations liées à d'importants avantages économiques sont généralement vite adoptées.

Il est clair que ces propositions ne visent qu'à mettre le pied à l'étrier du cheval "semis direct sur couverture végétale" et que des développements complémentaires sont nécessaires, notamment ceux liés aux associations ou successions de culture pour accroître la quantité et la qualité de la biomasse aérienne et souterraine et l'enchaînement des cultures en rotation. D'autres outils peuvent être introduits dans le but de diversifier et assouplir les modes de gestion des systèmes : herbicides ou cannes planteuses dans un premier temps, équipements pour la traction animale dans un second temps.

Une vaste gamme d'herbicides (paraquat, glyphosate, prélevée coton et maïs, graminicides de post-levée, traitements dirigés) est déjà connue de bon nombre d'acteurs du projet Lomaco-Montepuez, il s'agirait de poursuivre et adapter l'effort déjà en cours au niveau de la recherche, de la formation et de l'encadrement.

Les cannes planteuses et la traction animale sont inconnues dans la zone du projet. Des cannes planteuses brésiliennes et des protocoles pour les tester méthodiquement sur différentes surfaces et avec différents types de graine peuvent être introduits du Brésil.

Quant à la traction animale, le fait qu'elle n'ait pas été introduite pour promouvoir la "culture attelée" avec charrue et corps butteur, constitue une chance pour le projet. Chance de pouvoir promouvoir l'association agriculture élevage en excluant le travail du sol, via la traction animale et la promotion du transport des récoltes et fourrages, la gestion des mulch (rouleaux type landais) et le semis sur couverture. Dans ce domaine, l'expérience du Brésil est précieuse, l'Institut Agronomique du

Parana (IAPAR) s'étant beaucoup investi dans ce domaine ce dernier quart de siècle.

Quoiqu'il en soit, la proximité des équipes cirado-malgaches travaillant sur les systèmes de cultures avec couverture végétales dans des environnements nombreux et variés depuis maintenant une dizaine d'année est un atout considérable à exploiter dans le cadre de la coopération technique régionale. Des voyages d'études pour des cadres de la Lomaco auprès des équipes spécialisées de Madagascar en période de semis puis de récolte seraient souhaitables. Inversement, des missions d'experts visant à définir quelques variantes simples et bien adaptées de systèmes à tester dans la zone du projet Lomaco-Montepuez seraient fort utiles.

Enfin, est-il besoin de rappeler que les travaux à entreprendre au Mozambique sur les systèmes de culture avec couverture végétale et ceux en cours sur de nouvelles configurations du peuplement de cotonniers via la gestion des variétés, des densités et régulateurs de croissance sont tout à fait complémentaires, car dans un futur proche, nous seront amenés à composer avec ces deux registres sur les mêmes terrains.

## **Annexes et Planches photos**

- Annexe 1 : Note préliminaire de fin de mission remise à C. Henriques par M. Vaissayre le 13 avril 2000
- Annexe 2 : Annexe 2 / Données sur la production cotonnière et les intrants agricoles du Projet Lomaco-Montepuez
- Annexe 3 : Pluviosité Région Lomaco-Montepuez 1999/2000
- Annexe 4 : Plant-mapping / Essai Pix1 de Namuno, 8 avril 2000
- Annexe 5 : Plant-mapping / Essai Pix2 de Nanjua, 9 avril 2000
  
- Planche 1 : Essais densité x Pix (problèmes densités et réalisation traitements)
- Planche 2 : Essais densité x Pix (hauteur, déficiences minérales, pourritures des capsules)
- Planche 3 : Madagascar, Andranavory (sables roux)
- Planche 4 : Madagascar, reconstitution d'un semis
- Planche 5 : Madagascar, Andaboro (vertisols)
- Planche 6 : Madagascar, Sakaraha (sables roux)

## Annexe 1. Note de fin de mission

Note préliminaire remise à C. Henriques, D.G. de la Lomaco, par M. Vaissayre le 13 avril

J. MARTIN

MAPUTO, LE 13 AVRIL 2000

### NOTE PREMIMINAIRE SUR LA MISSION DU 2 AU 20 AVRIL AU MOZAMBIQUE ET A MADAGASCAR

#### PROJET LOMACO-MONTEPUEZ

Les commentaires présentés dans cette note suivent le plan des propositions formulées dans le rapport rédigé suite à ma dernière mission (mai 1999), dont le sujet était "Améliorer la rentabilité et la durabilité en culture cotonnière". Malgré la situation de crise prévalant actuellement, les considérations générales formulées dans dit rapport restent valables.

ESSAIS HERBICIDES.....	1
ESSAIS FERTILISATION.....	1
ESSAIS RÉGULATEURS DE CROISSANCE.....	2
ESSAI DE SEMIS DIRECT DE COTON SUR MULCH DE CÉRÉALES .....	3
PROPOSITIONS COMPLÉMENTAIRES AU SECTEUR FAMILIAL ET AU SERVICE FORMATION.....	3
PROPOSITION COMPLÉMENTAIRE CONCERNANT LA PRODUCTION EN RÉGIE.....	3

#### *Essais herbicides*

Le rapport 99 présentait un premier état des lieux et des propositions d'expérimentation à discuter en septembre 99 par Carlos Tomas à Montpellier avec Pascal Marnotte (Laboratoire d'Accueil en Malherbologie Tropicale « Amatrop », Cirad-Ca). Cette section s'achevait par la recommandation suivante : "Une mission de ce dernier au Mozambique en début de campagne serait d'ailleurs fort pertinente pour appuyer le SRA en la matière et fournir un diagnostic plus circonstancié des problèmes d'enherbement en début de campagne."

Cette mission a eu lieu en janvier dernier, le rapport est attendu, je considère donc que c'est OK.

#### *Essais fertilisation*

Pour fournir des éléments d'aide à la décision face aux préoccupations du développement : rentabilité à court terme et durabilité à moyen et long terme, deux propositions avaient été formulées :

- Pour répondre à la première préoccupation, et acquérir des références en milieu producteur, il est proposé de mettre en place un réseau d'essais fumure en milieu paysan, en ciblant les zones susceptibles de répondre nettement à la fertilisation
- La réponse à la seconde préoccupation passe par la mise en place d'un essai pérenne. Les terrains du centre de formation de Mapululo, sableux et exploités de longue date, se prêteraient bien à l'installation d'un essai système de culture – fertilité, car les effets sur la durabilité devraient y être perceptibles en peu d'années.



Il n'a pas été possible d'initier ces activités au cours de la campagne actuelle. Ces deux points ont été rediscutés. Le premier a été retenu en principe pour la campagne prochaine, suivant la méthodologie appliquée avec succès pendant 3 ans pour les essais variétaux en milieu paysan. Quant au second, il me semble important de retenir le principe de mise en place d'un dispositif expérimental perenne sur le centre de formation, à double visée (référentiel technique et support de formation), le détail des modalités pouvant bien entendu être reconsidéré.

### ***Essais régulateurs de croissance***

Pour évaluer les potentialités du Pix en culture cotonnière au Nord-Mozambique, où la recherche de la précocité de la production est un objectif important à plus d'un titre, il était proposé de mettre en place deux types d'essais : un essai Pix-exubérance et un essai complexe Pix-date de semis-densité (trifactoriel).

Ces propositions, non prises en compte en septembre dernier et donc non intégrées dans la programmation initiale, ont été réintégrées tardivement en décembre. L'essai trifactoriel a été simplifié en deux essais bifactoriels (essai semis précoce et essai semis tardif), et ont été mis en place dans deux localités différentes. L'essai simple Pix-exubérance a été enrichi d'un traitement pix / haute densité et mis en place dans 3 localités représentant différentes situations de fertilité. Au total, ce volet de l'expérimentation représente 7 essais, importants en surface et en mobilisation du personnel cadre et subalterne (applications fractionnées et suivi assez rapproché). Malgré des hétérogénéités liées à des problèmes de levée, les effets pix, densité, dates de semis, et leurs interactions sont marqués pour les semis précoces. Cependant, ces effets seront probablement insuffisants à induire des gains de précocité importants, car même avec des applications de pix les problèmes d'abscission et de pourriture de capsules augmentent avec les hautes densités (mois de mars très pluvieux). Cependant à Nropa où les effets sont plus marqués au niveau productivité et précocité, il apparaît en fin de cycle des symptômes de déficience (K, Mg) induits par la plus forte demande instantanée pour le remplissage des capsules (ces problèmes sont certainement exacerbés par la fréquence élevée de racines traçantes dans ce périmètre, les pivots traversant rarement la semelle de labour). Des effets marqués sont attendus avec les semis tardifs. Les aspects concernant les dernières observations à effectuer sur ces essais ont été discutés, ainsi que des considérations préliminaires sur la suite à donner à ce volet de l'expérimentation pour la campagne prochaine. Plusieurs documents en brésilien et en anglais sur l'agrophysiologie du cotonnier ou plus généralement sur la culture cotonnière ont été remis à Carlos Tomas.

Bien que cela n'ait pas été rediscuté à Montepuez, je profite de cette occasion pour renouveler ma proposition de l'année passée : "Un étudiant en agronomie ou physiologie végétale pourrait utilement être impliqué dans le suivi de cet essai très formateur, éventuellement en liaison avec l'INIA (l'Institut mozambicain de recherche agronomique)".



### ***Essai de semis direct de coton sur mulch de céréales***

"Certaines équipes de chercheurs comprenant des ciradiens ont acquis une solide expérience sur les systèmes de culture basés sur le SDSCV, notamment au Brésil (L. Séguy et S. Bouzinac) et à Madagascar (D. Rollin). Il serait bon, avant de se lancer dans une expérimentation SDSCV au Nord-Mozambique, d'étudier la possibilité, dans le cadre du Projet Lomaco Montepuez, de programmer et organiser un voyage d'études auprès des équipes brésiliennes et malgaches pour trois ou quatre cadres de la Lomaco."

C'est le but de la deuxième partie de ma mission dans la région de Tulear (sud-ouest malgache). Les circonstances particulières de cette campagne n'ont pas permis que je puisse être accompagné par des collègues de Montepuez. Cependant, cela sera à envisager dès le début de la seconde phase du projet. Le compte-rendu de visite à Madagascar sera inclus dans le rapport de mission. solide expérience sur les systèmes de culture basés sur le SDSCV, notamment

### ***Propositions complémentaires au Secteur Familial et au Service Formation***

Ces propositions concernant les doses de semences, les récoltes du coton et les parcelles de démonstration, restent valables.

### ***Proposition complémentaire concernant la production en régie***

Proposition également maintenue.

"Dans le cadre du maintien au sein de la Lomaco-Montepuez d'une activité production directe modeste mais stratégique (production de semences de coton, adoption d'un plan de production des semences, avec renouvellement par vagues à partir du noyau génétique), et compte-tenu des évolutions récentes de réduction de la production en régie, il est proposé de tirer parti des points forts du système de culture actuel pour passer à un système de culture de coton sur couverture végétale. Cela préfigurerait ce qui pourrait être fait en milieu paysan dans le futur avec l'introduction des cannes planteuses : semis direct sur mulch de résidus de culture. Cela constituerait une excellente vitrine pour le projet Lomaco-Montepuez, illustrant concrètement son action en faveur d'une agriculture durable."

# Annexe 2 / Données sur la production cotonnière et les intrants agricoles du Projet Lomaco-Montapuez

	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-2000
<b>Production de coton du "Sector Familiar"</b>					
Nb de planteurs de coton	19 560	43 760	62 210	66 700	23 885
dont regroupés en associations	0	0	1 104	1 640	1 341
Surface coton (ha)	13 210	26 570	39 040	42 000	22 607
dont associations (ha)	0	0	?	2 403	630
Production (tonnes de coton-graine)	7 755	16 170	20 300	24 640 (*)	7 200 estimation
dont PUPi	?	?	1,5 %	0	
dont Privados	?	?	1%	0,6 %	(115 ha)
dont Associations	0	0	3,5 %	8,2 %	
Nombre d'associations	0	0	19	39	43
Surface moyenne par planteur (ha)	0,68	0,61	0,63	0,63	
Surface par planteur en association (ha)	-	-	?	1,50	
Rendement moyen coton-graine (kg/ha)	587	609	520	579	600 estimation
proportion coton 2ème choix	?	?	6,7%		
Rendement moyen en association (kg/ha)	-	-	916	861	
<b>Encadrement (Sector Familiar)</b>					
nombre de chefs de régions (regente)	-	-	-	-	1
nombre de chefs de secteurs (areas)	7	7	10	10	10
nombre de chefs de zones	22	22	28	28	28
nombre d'encadreurs	85	90	122	140	90
nombre de chefs de production		quasiment un par village		410	368
Nombre d'assistants /associations (Service Formation)		0	0	7	?
<b>La sole cotonnière</b>					
cultures en blocs (estimation Sector Fam.)		en expansion		+/-15%	0
surface moyenne d'un bloc (estimation SF)				20 ha	-
précédent brousse				17 %	en baisse
précédent coton	en régression (> 50% dans les années 90)			10-15 %	?
semis à sec				17%	0
<b>Internalisation Intrants Coton (Sector Familiar)</b>					
dose semences (kg/ha)	> 40	> 40	> 40	> 40	40 (23 pour F135)
semences traitées (ha)	0	0	0	0	0
surfaces non traitées (insecticides) / surfaces totales		en régression		< 5 %	en hausse
technique TBV, en % des surfaces traitées	0	22	100	100	100
nombre moyen de traitements insecticides	2,4	2,7	3,5	4	en baisse
Surfaces herbicides / surfaces totales	0	0	démonstrations	5%	sur X <sup>e</sup> nouv. variétés
avec un herbicide pré-levée (ha)	0	0	démonstrations	1 450	~1500
avec un herbicide total (ha)	0	0	démonstrations	327	~200
avec un herbicide de post-levée (ha)	0	0	démonstrations	348	~250
Surfaces fertilisées (100 à 50 kg/ha)	0	0	démonstrations	< 2%	0
Amendements calcaires		pour mémoire (secteur production directe)			
<b>Pare de pulvérisateurs (Sector Familiar)</b>					
pompe à dos CP3 avec lance		pour mémoire (secteur production directe)			
Birky		pour mémoire (Pupis)			
ULV (micro-ulve)	nb ?	nb ?	0	0	0
TBV (Ulve+ et Berthoud)	0	0	nb ?	3 000	3 000
dont TBV équipé herbicides	0	0	nb ?	1 000	1 000
surface / pulvérisateur (ha)	nb ?	nb ?	nb ?	15	15
<b>Prix d'achat du coton-graine et de cession des intrants (en Mts)</b>					
coton-graine 1er choix, le kg	3 900	3 300	2 950	2 300	2000 plancher
coton-graine 2ème choix, le kg	3 000	3 100	2 600	1 950	?
ristourne aux associations	-	-	10 %	4,5 %	en baisse
semences, le kg	0	0	0	0	0
le traitement insecticide (prix pondéré)	198 825		50 000	60 000	75 000
Gramoxone 200, le traitement à 1l/ha	-	-	59 650	62 280	114 000
Igran-combi 400, le traitement à 3l/ha			420 000	342 000	340 000
Fusilade 250, le traitement à 1l/ha				204 600	204 600
NPK 12-24-12, l'application à 100 kg/ha		480 000	218 000	268 000	268 000
Urée N 46%, une application 50 kg/ha		252 000	108 000	144 000	144 000
Glyphosate 360, le litre				54 600	54 600
Primagram (atrazine + métolachlor 500), le litre				100 000	100 000
Dual (métolachlor 720), le litre				140 160	140 160
Cotonan (fluométuron 500), le litre				99 600	99 600
Triflural (trifluraline 480), le litre				65 680	65 680
pulvérisateur TBV, l'unité	équipement herbicide non compris			650 000	650 000

au 4 avril 2000, on avait 1 US\$ = 14 635 Mts

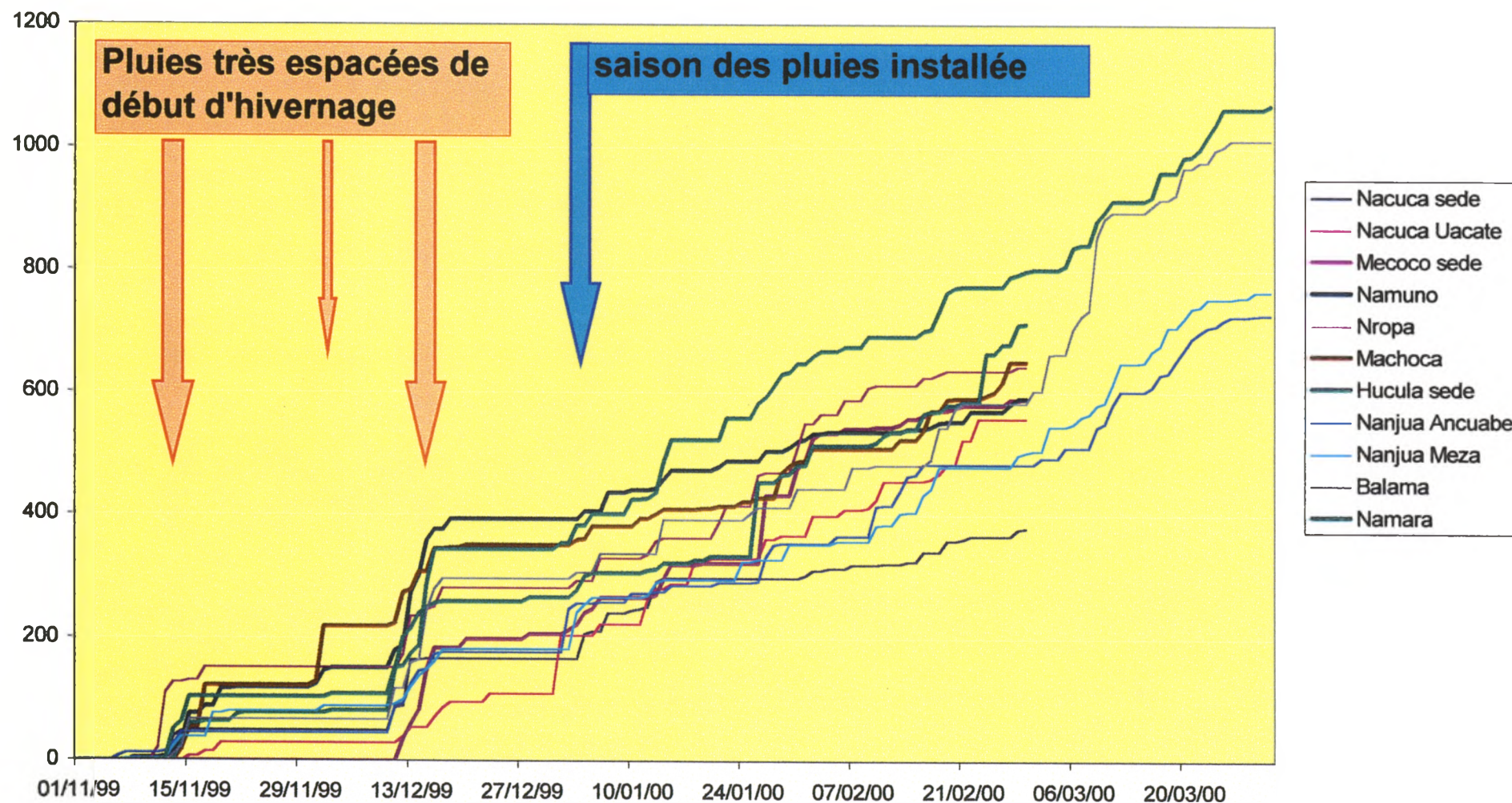
valeurs définitives, différentes de celles du tableau de l'an passé  
certaines des valeurs données pour 99/00 sont sujettes à révision  
évolutions majeures : préoccupantes ou rassurantes

(\*) dont 9008 tonnes brûlées car détériorées par la pluie



## Pluviosité Région Lomaco-Montepuez 1999/2000

Annexe 3



#### Annexe 4 / Plant-mapping / Essai Pix1 de Namuno, 8 avril 2000

nb de plantes examinées	Temoin 4	+ Pix 4	+ Pix + double densité 4
<b>Croissance</b>			
Hauteur totale axe principal (AP) (cm)	121.8 +/- 8.7	98.5 +/- 6.4	89.3 +/- 13.5
dont hypocotyle (cm)	1.8 +/- 0.5	2.8 +/- 0.9	1.5 +/- 0.6
Longueur cumulée des branches végétatives (BV) (cm)	111.5 +/- 64.7	126.3 +/- 48.9	30.5 +/- 11.0
Diamètre AP (hypocotyle) (mm)	11.0 +/- 1.8	12.0 +/- 0.8	9.5 +/- 2.3
Longueur moyenne pétioles AP /insertion BF 6-10 (cm)	17.4 +/- 0.7	15.0 +/- 1.3	12.9 +/- 0.9
Longueur moyenne entrenoeuds P1 / BF 6-10 (cm)	16.4 +/- 0.7	12.8 +/- 0.9	10.4 +/- 1.5
Poids frais de l'AP (g)	56	46	34
<b>Développement</b>			
Nombre moyen de nœuds (par plante)	21.5 +/- 1.3	19.8 +/- 1.5	18.5 +/- 1.7
dont végétatifs	4.8 +/- 0.9	5.3 +/- 1.2	4.8 +/- 0.5
dont porteurs de BV	1.8 +/- 0.5	2.8 +/- 0.9	1.5 +/- 0.6
NAWF (Node above the white flower)	6.5 +/- 1.9	4.8 +/- 0.9	3.8 +/- 0.9
<b>Ratios Croissance / Développement</b>			
HNR (height to node ratio) (cm /entrenoeud)	5.4 +/- 0.4	4.8 +/- 0.5	4.5 +/- 0.4
hauteur / diamètre (cm /mm)	10.8 +/- 1.1	7.8 +/- 0.8	8.9 +/- 0.9
hauteur / masse AP (cm /g)	2.1	2.0	2.5
<b>Fructification</b>			
Nombre moyen de capsules par plante	11.5 +/- 3.8	13.5 +/- 4.6	8.5 +/- 3.8
dont capsules hors BV	9.8 +/- 1.9	9.3 +/- 3.2	8.0 +/- 4.2
% rétention capsules P1 / BF 1-5	40	54	25
% rétention capsules P1 / BF 6-10	85	60	65
% rétention capsules P1+P2 / BF 1-5	33	43	28
% rétention capsules P1+P2 / BF 6-10	60	35	50
% rétention capsules P1+P2 / BF 1-10	46	39	39
Poids frais des 10 plus grosses capsules (g)	203	233	185

M +/- IC : moyenne +/- intervalle de confiance à p = 0.05



## Annexe 5 / Plant-mapping / Essai Pix2 de Nanjua, 9 avril 2000

	Témoin simple densité	Témoin double densité	Pix simple densité	Pix double densité
nb de plantes examinées	4	4	4	4
<b>Croissance</b>				
Hauteur totale axe principal (AP) (cm)	145.8 +/- 1.7	140.8 +/- 11.1	122.5 +/- 5.0	106.0 +/- 4.9
dont hypocotyle (cm)	1.5 +/- 0.6	1.8 +/- 0.9	1.8 +/- 0.5	2.3 +/- 0.9
Longueur cumulée des branches végétatives (BV) (cm)	79.3 +/- 34.6	66.8 +/- 41.7	107.3 +/- 46.9	57.5 +/- 29.1
Diamètre AP (hypocotyle) (mm)	12.8 +/- 2.4	11.8 +/- 2.4	14.5 +/- 1.3	11.5 +/- 1.9
Longueur moyenne pétioles AP /insertion BF 6-10 (cm)				
Longueur moyenne entrenœuds P1 / BF 6-10 (cm)				
Poids frais de l'AP (g)	77.8	69.5	89.3	55.3
<b>Développement</b>				
Nombre moyen de nœuds (par plante)	22.8 +/- 1.7	21.3 +/- 3.0	20.0 +/- 1.4	19.3 +/- 2.0
dont végétatifs	5.0 +/- 0.8	5.0 +/- 0	4.3 +/- 0.5	5.3 +/- 0.5
dont porteurs de BV	1.5 +/- 0.6	1.8 +/- 0.9	1.8 +/- 0.5	2.3 +/- 0.9
NAWF (Node above the white flower)	6.3 +/- 0.5	6.8 +/- 0.5	5.3 +/- 1.5	4.8 +/- 0.5
<b>Ratios Croissance / Développement</b>				
HNR (height to node ratio) (cm /entrenœud)	6.2 +/- 0.4	6.4 +/- 0.5	5.9 +/- 0.2	5.2 +/- 0.5
hauteur / diamètre (cm /mm)	11.3 +/- 2.2	11.9 +/- 1.8	8.2 +/- 1.0	8.9 +/- 1.9
hauteur / masse AP (cm /g)	1.8	2.0	1.3	1.8
<b>Fructification</b>				
Nombre moyen de capsules par plante	6.3 +/- 5.8	4.8 +/- 4.8	11.3 +/- 4.2	7.5 +/- 3.8
dont capsules hors BV	5.5 +/- 4.4	4.5 +/- 4.3	9.3 +/- 2.4	7.3 +/- 3.4
% rétention capsules P1 / BF 1-5	10	5	25	40
% rétention capsules P1 / BF 6-10	45	30	45	60
% rétention capsules P1+P2 / BF 1-5	15	10	25	30
% rétention capsules P1+P2 / BF 6-10	28	23	50	40
% rétention capsules P1+P2 / BF 1-10	21	16	38	35
Poids frais des 10 plus grosses capsules (g)	204	175	229	230

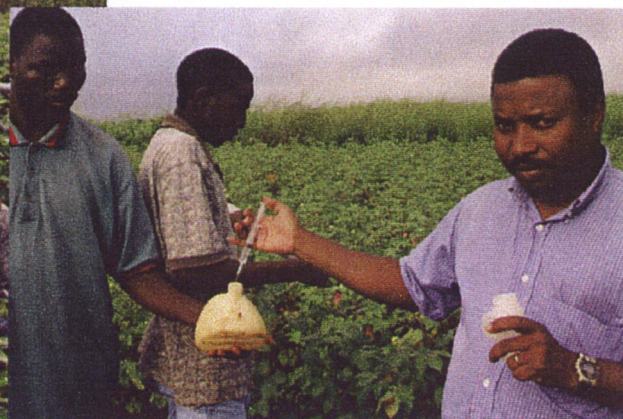
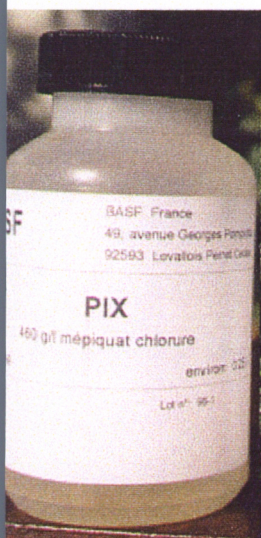
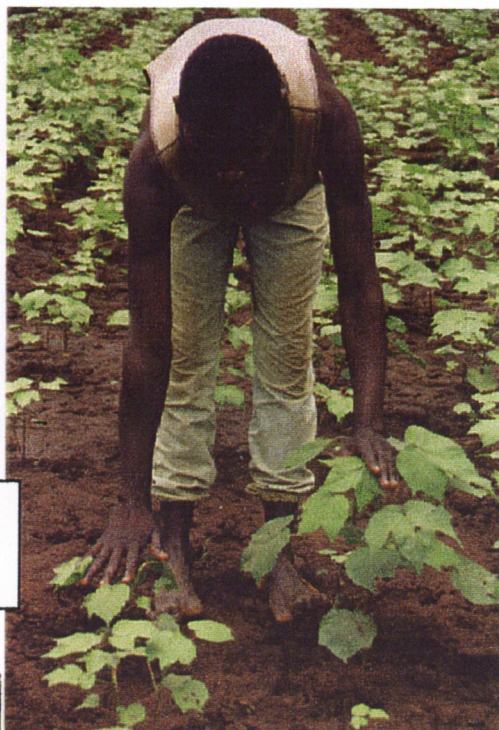
M +/- IC : moyenne +/- intervalle de confiance à p = 0.05



**Planche 1. Mozambique, les essais densités x Pix**



Essai Pix3 de Nropa : hétérogénéité du peuplement  
suite à un important resemis

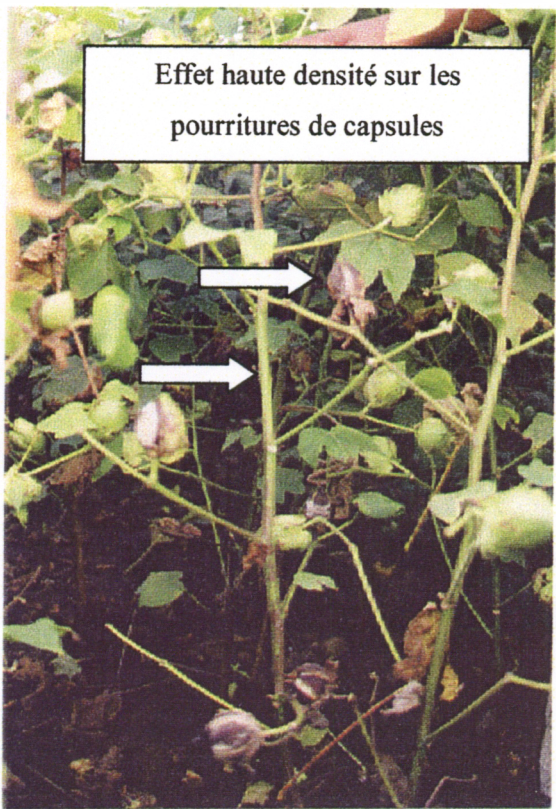


Realisation d'un traitement Pix en TBV (Nanjua, 11 avril 2000)





Planche 2. Les essais densité x pix au Mozambique



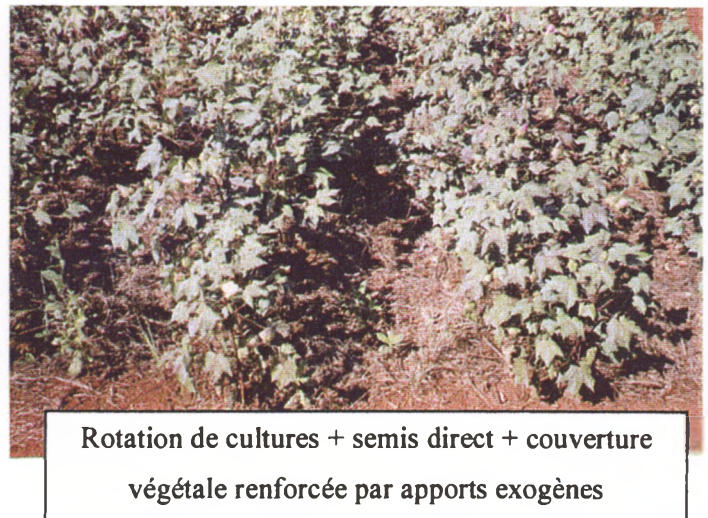
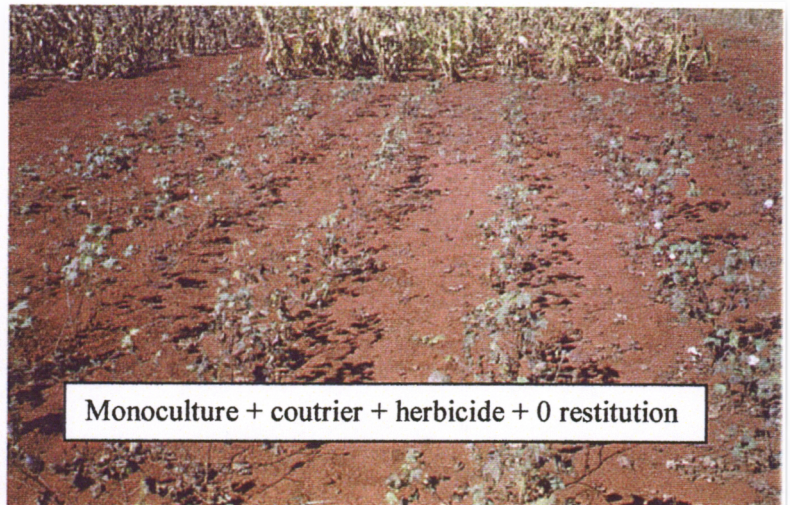
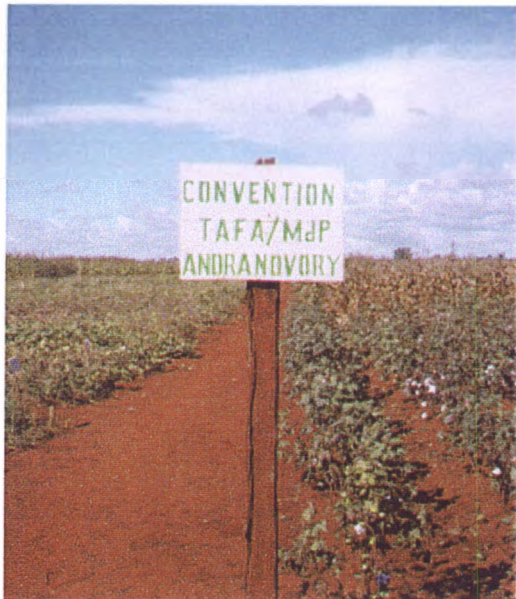
A Nropa, productivité et précocité accrues sous l'effet combiné de la double densité et du Pix  $\Rightarrow$  demande en nutriments, instantanée et globale, accrues

...  $\Rightarrow$  risques de déficiences minérales accrues après le cut-out...





**Planche 3 : Madagascar, Andranovory, 15 avril 2000. L'essai "coutrier-labour-semis direct"**



**Deux autres photos prises sur le site**





**Planche 4. Andaboro, Madagascar. Reconstitution d'un chantier de semis direct sur mulch.**



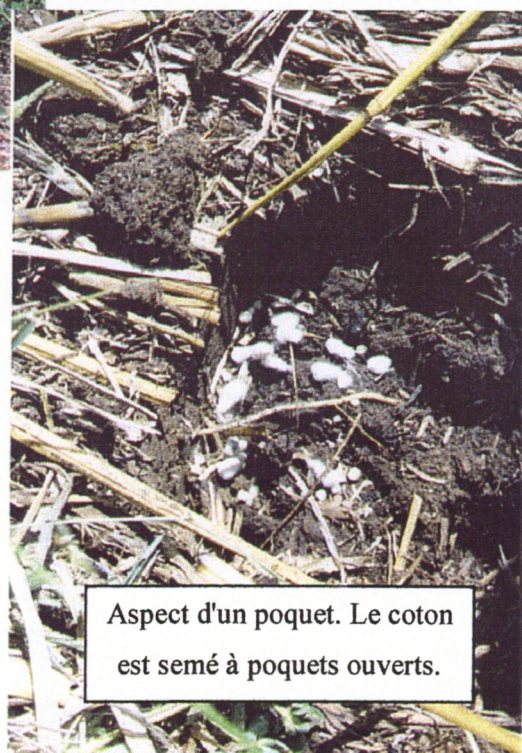
Les ingrédients



Ouverture des poquets à l'angade



Semis de l'engrais + insecticide, et des graines de coton



Aspect d'un poquet. Le coton est semé à poquets ouverts.





Planche 5. Andaboro, Madagascar. Aspect des cultures et du mulch sur vertisols.



Exubérance de la dolique sur maïs



Restes de dolique et de tiges de céréales  
dans la couverture du coton





Planche 6. Sakaraha, Madagascar.

Sables roux et sécheresse. Cultures moins développées et mulchs moins fournis qu'à Andaboro.





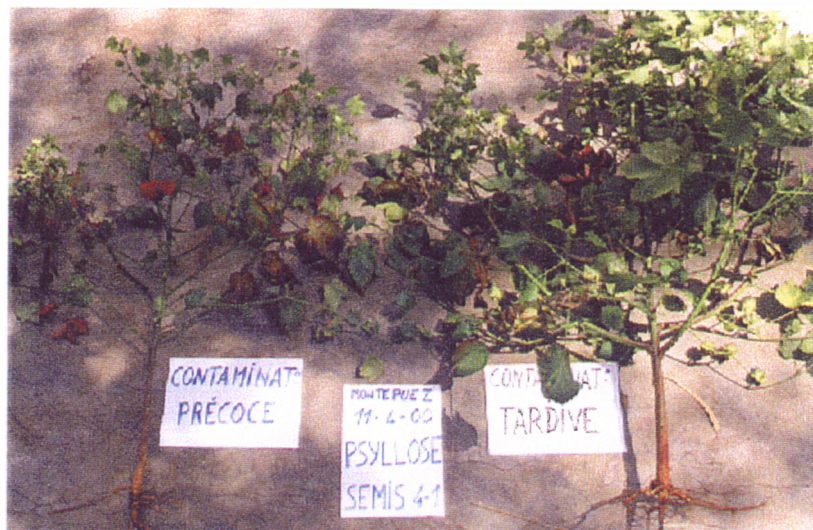
Clichés M. Vaissayre et J. Martin, Girard Ca // Mission Afd Projet Ilomoso Montepuez,  
Mozambique, avril 2000.

**Psyllose et chancre du collet.**





Clichés M.Vaissayre et J.Martin, Cirad-Ca / Mission Afd Projet Lomaco-Montepuez,  
Mozambique, avril 2000. Détails sur la Psyllose



CIRAD-DIST  
Unité bibliothèque  
Lavalette



Les plants atteints  
précocement sont  
stériles. Ceux atteints  
tardivement ont des  
capsules, qui sont molles  
et dont l'intérieur est  
pourri.



## **LA GOUTTE D'ENCRE**

53 Place Thermidor 34000 Montpellier  
Tel 04 67 65 30 96 Fax 04 67 65 89 23